

Universität Bayreuth
Lehrstuhl Didaktik der Biologie

Umweltbildung zum Thema Klimawandel im botanischen Garten:
Wissen, Einstellungen und Konzepte von Jugendlichen

Dissertation

zur Erlangung des Grades

- Dr. rer. nat. -

der Fakultät Biologie, Chemie und Geowissenschaften
an der Universität Bayreuth

vorgelegt von

Dipl.-Biologin

Daniela Sellmann

2011

Diese Arbeit wurde von Januar 2009 bis Dezember 2011 am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie an der Universität Bayreuth unter der Leitung von Prof. Dr. Franz X. Bogner angefertigt.

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften der Universität Bayreuth zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften genehmigten Dissertation.

Promotionsgesuch eingereicht am: 06. Dezember 2011

Zulassung durch die Prüfungskommission: 14. Dezember 2011

Wissenschaftliches Kolloquium: 02. Februar 2012

Amtierende Dekanin:

Prof. Dr. Beate Lohnert

Prüfungsausschuss:

Prof. Dr. Franz X. Bogner (Erstgutachter)

Prof. Dr. Ludwig Haag (Zweitgutachter)

Prof. Dr. Klaus H. Hoffmann (Vorsitz)

PD Dr. Gregor Aas

Prof. Dr. John Tenhunen

Inhaltsverzeichnis

A. Summary.....	4
B. Zusammenfassung.....	6
C. Ausführliche Zusammenfassung	8
C.1 Einleitung	8
Schülervorstellungen zum Thema Klimawandel	8
Concept mapping: Schülervorstellungen grafisch sichtbar machen	9
Umweltbildung & Klimawandel: Wissen, Umwelteinstellungen und Naturverbundenheit	10
Der botanische Garten als außerschulischer Lernort	12
C.2 Ziele der Arbeit und Unterrichtsdesign	13
C.3 Methodik: Datenerhebung und –auswertung	14
C.4 Ergebnisse und Diskussion	19
C.5 Schlussfolgerungen und Ausblick	21
D. Literaturverzeichnis der Zusammenfassungen	22
E. Teilarbeiten	27
E.1 Publikationsliste	27
E.2 Darstellung des Eigenanteils.....	28
E.3 Teilarbeit A	29
E.4 Teilarbeit B.....	31
E.5 Teilarbeit C	33
E.6 Teilarbeit D	56
Anhang	73
Inhalte der Pflichtstationen und offenen Experimente (Übersichten)	74
Fragebögen.....	133
Aufgabenstellung <i>concept maps</i>	151
Erklärung	152
Danksagung.....	153

A. Summary

Climate change is one of the most important socio-scientific issues of our time (Klosterman & Sadler, 2010) and certainly also one of the greatest threats for our ecosystems (Fischlin et al., 2007). Accordingly, there is great concern in the scientific community as well as in the public. Climate change is a very complex phenomenon with diverse consequences on a local and global scale. This and the vast, sometimes incorrect, information that (not only) adolescents are confronted with (Weingart, Engels, & Pansegrau, 2000), lead to uncertainties (Fortner et al., 2000) and make it even more difficult to understand. Surveys show that adolescents are willing to act climate-friendly but at the same time feel helpless facing the global character of climate change (Emnid, 2009; forsa, 2009). Inconsistent information leads to the formation of conceptions on climate change that are not in line with scientific conceptions (e. g. (Andersson & Wallin, 2000; Lombardi & Sinatra, 2010; Shepardson, Niyogi, Choi, & Charusombat, 2009). There is a need for communicating the issue of climate change in such a way that common held conceptions and scientific conceptions are meaningfully combined. Additionally, options for possible climate-friendly actions should be imparted to benefit from the existent willingness to act (Bord, O'Connor, & Fisher, 2000).

In the present study, climate change education is based on the aims of environmental education: enhancing of environmental knowledge as well as fostering environmental attitudes and connectedness with nature (Stern, Powell, & Ardoin, 2008). To achieve these aims, out-of-school learning settings offer ideal conditions as they allow authentic, first-hand nature experiences, thus not only addressing cognitive but also affective and hands-on domains. This study was deliberately conducted at a botanical garden as it presents plant species from nearly all of the world's ecosystems. Thereby, it provides children and adolescents with a "window to the botanical world" which facilitates the illustration of global consequences of climate change.

The four described studies (1) highlight the cognitive knowledge and conceptions on climate change of adolescents between 14 and 19 years of age and (2) describe their connectedness with nature and environmental attitudes as well as the impact of participation in an especially designed environmental education programme in a botanical garden on these factors. Furthermore, implications for designing and conducting similar programmes are given.

Study A refers to the changes of students' conceptions as a function of the design of the educational material provided. By addressing common alternative conceptions a higher rate of changes towards scientific conceptions could be achieved. Study B

Summary

describes adolescents' conceptions concerning climate change and the influence of an environmental education programme on their changes towards scientific conceptions. In particular, a method to reveal such conceptions is introduced that is easily applicable in daily school life. Study C shows adolescents' knowledge on climate change directly after and four to six weeks after programme participation as to be significantly higher than before participation. In study D enhanced environmental attitudes and connectedness with nature could be measured directly after programme participation. This effect was persistent over a period of four to six weeks only for the factor Utilization of nature, the degree of connectedness with nature and the preservational attitudes decreased to the level observed before participation. This indicates the need for a repeated intervention.

In summary, short-term environmental education programmes may indeed effectively and persistently enhance students' knowledge. This is also true for utilitarian preferences but not for connectedness with nature and preservational preferences; the latter ones showed only a positive short-term change. A longer programme duration as well as repeated nature experiences could improve and stabilize these outcomes. Furthermore, the advantage of integrating common alternative conceptions could be shown; directly addressing these conceptions during instruction may positively affect effectiveness. Future similar instructions should consider these aspects.

B. Zusammenfassung

Das Thema Klimawandel ist eines der wichtigsten sozio-wissenschaftlichen Themen unserer Zeit (Klosterman & Sadler, 2010) und sicherlich auch eine der größten Bedrohungen für unsere Ökosysteme (Fischlin et al., 2007). Dementsprechend groß ist das Interesse sowohl in der Wissenschaft als auch in der Öffentlichkeit. Die Komplexität des Phänomens, seine vielfältigen lokalen und globalen Auswirkungen sowie die Flut an, teilweise inkorrekten, Informationen, mit denen (nicht nur) Jugendliche konfrontiert werden (Weingart et al., 2000), führen zu Unsicherheiten (Fortner et al., 2000) und erschweren ein Verstehen des Klimawandels zusätzlich. Entsprechende Umfragen zeigen Jugendliche durchaus bereit, im Klimaschutz aktiv zu werden, sie dokumentieren häufig aber auch eine individuelle Hilflosigkeit angesichts des globalen Charakters des Klimawandels (Emnid, 2009; forsa, 2009). Durch oft widersprüchliche Informationen entstehen häufig Alltagsvorstellungen über den Klimawandel, die mit der wissenschaftlichen Sichtweise nicht übereinstimmen (z. B. Andersson & Wallin, 2000; Lombardi & Sinatra, 2010; Shepardson et al., 2009). Das Thema Klimawandel bedarf daher einer Kommunikationsstrategie, die gängige Alltagsvorstellungen mit der wissenschaftlichen Sichtweise auf einen gemeinsamen Nenner bringen kann, aber auch Handlungsoptionen vermittelt, um die vorhandene Aktionsbereitschaft zu aktivieren (Bord et al., 2000).

Die vorliegende Studie zieht konsequent die Prinzipien der Umweltbildung als Basis für eine Bildung zum Thema Klimawandel heran, also die Wissensvermittlung zu umweltrelevanten Themen, die Förderung von umweltfreundlichen Einstellungen sowie die Unterstützung einer besseren Naturverbundenheit (Stern et al., 2008). Zum Erreichen dieser Ziele bieten sich außerschulische Lernorte für Umweltbildungsprogramme besonders an, da sie direkte Erlebnisse mit der Natur ermöglichen und so neben kognitiven auch affektive Domänen ansprechen. Die vorliegende Studie wurde ganz bewusst am außerschulischen Lernort botanischer Garten durchgeführt, weil hier ausgewählte Pflanzenarten aus nahezu allen Ökosystemen der Welt vertreten sind. Dadurch steht Kindern und Jugendlichen sozusagen ein „Fenster zur botanischen Welt“ zur Verfügung, welches globale Auswirkungen des Klimawandels hervorragend veranschaulichen kann.

Alle vier vorgestellten Studien beleuchten das kognitive Wissen und Vorstellungen von Jugendlichen zwischen 14 und 19 Jahren zum Thema Klimawandel; sie beschreiben ihre Naturverbundenheit und Umwelteinstellungen und deren positive Beeinflussung durch ein speziell abgestimmtes Umweltbildungsprogramm in einem botanischen Garten.

Darüber hinaus werden gezielte Implikationen für die Entwicklung und Durchführung ähnlicher Programme vorgeschlagen.

Teilstudie A bezieht sich auf die Veränderung von Schülervorstellungen in Abhängigkeit von der Gestaltung von Unterrichtsmaterialien. Beispielsweise konnte durch ein gezieltes Eingehen auf typische Alltagsvorstellungen eine höhere Rate an Veränderungen hin zu wissenschaftlichen Konzepten erreicht werden. Teilstudie B beschreibt Alltagskonzepte von Jugendlichen und deren Beeinflussung durch ein Umweltbildungsprogramm hin zu den wissenschaftlich korrekten Konzepten zum Thema Klimawandel. Dabei wird speziell eine Methode zur Erfassung solcher Veränderungen der Schülervorstellungen dargelegt, die auch im Unterrichtsalltag leicht und ohne großen Zeitaufwand einzusetzen ist. Teilstudie C zeigt das kognitive Wissen der teilnehmenden Jugendlichen sowohl direkt nach dem Programm als auch vier bis sechs Wochen später als signifikant höher als vor einer Programmteilnahme. Schließlich weist Teilstudie D direkt nach einer Programmteilnahme erhöhte Umwelteinstellungen und erhöhte Naturverbundenheit nach, die allerdings über den längeren Zeitraum von vier bis sechs Wochen betrachtet nur bezüglich der Ausnutzung der Natur bestehen blieb; der Grad der Naturverbundenheit sowie die positivere Einstellung zum Naturschutz fielen wieder auf das Ausgangsniveau zurück, bedürfen demnach einer wiederholten Intervention.

In der Zusammenfassung bleibt also festzuhalten, dass kurzfristige Umweltbildungsprogramme zum Thema Klimawandel durchaus effektiv und langfristig das kognitive Wissen der Schülerinnen und Schüler¹ erhöhen können; dies gilt ebenso für die Einstellung bezüglich der Ausnutzung der Natur, nicht aber für die Naturverbundenheit oder Umweltschutzeinstellungen. Letztere zeigten nur kurzfristig eine positive Veränderung. Eine längere Programmdauer und wiederholte Naturerlebnisse könnten hier Abhilfe schaffen. Darüber hinaus wird der Vorteil einer unterrichtlichen Einbindung von Alltagsvorstellungen erfolgreich aufgezeigt, konsequenteres Eingehen auf bestehende Vorstellungen im Unterricht wirkt sich direkt auf die Effektivität aus. Künftige vergleichbare Lerneinheiten sollten dies berücksichtigen.

¹ Im Folgenden wird der Begriff „Schüler“ für beide Geschlechter verwendet.

C. Ausführliche Zusammenfassung

C.1 Einleitung

Schülervorstellungen zum Thema Klimawandel

Das Thema Klimawandel ist hochaktuell, es wird als eines der bedeutendsten sozialwissenschaftlichen Probleme unserer Zeit gesehen (Klosterman & Sadler, 2010). Dementsprechend werden auch Jugendliche auf vielfache Weise mit diesem Thema konfrontiert, sei es in der Schule oder in den Medien; vor allem letztere tragen bei diesem Thema erheblich zur öffentlichen Meinungsbildung bei (Fortner et al., 2000). Die angebotenen Informationen sind dabei nicht immer einheitlich oder wissenschaftlich korrekt. Dies führt dazu, dass Schüler Alltagsvorstellungen entwickeln, um sich dieses hochkomplexe Thema zu erschließen. Solche in der Folge zum Teil fehlerhaften oder unvollständigen Schülervorstellungen² bringen die Jugendlichen auch mit in den Unterricht.

Eine Vielzahl von Studien haben Vorstellungen zu Klimawandel, Treibhauseffekt und globaler Erwärmung erhoben (z. B. (Andersson & Wallin, 2000; Boyes & Stanisstreet, 1993; Lombardi & Sinatra, 2010; Rebich & Gautier, 2005; Shepardson et al., 2009). Auffällig dabei ist, dass einige Vorstellungen über den Klimawandel unabhängig von Alter, Schulform oder Nationalität immer wieder auftauchen. So ist es eine gängige Vorstellung, dass verschiedenste Umweltprobleme (z. B. Umwelt- und Luftverschmutzung, Saurer Regen oder das Ozonloch) zum Klimawandel beitragen. Konsequenterweise wird häufig angenommen, dass Umweltschutzmaßnahmen jeglicher Art (z. B. Recycling) auch gleichzeitig Klimaschutzmaßnahmen sind, die den Klimawandel verlangsamen oder sogar aufhalten können. Ursachen für diese Vorstellungen sind sicherlich zum einen in der Berichterstattung in den Medien zu suchen. Zum anderen kann man, beispielsweise im Falle des Ozonlochs, auch konkretere Auslöser für die Schülervorstellungen finden. Schüler vermischen in diesem Fall häufig die Darstellungen des Ozonlochs, wie man sie beispielsweise auch in Schulbüchern findet, mit denen des Treibhauseffekts (Reinfried, Schuler, Aeschbacher, & Huber, 2008). In beiden Fällen werden die Atmosphäre meist als Hülle oder Schicht sowie Sonnenstrahlen und Emissionen dargestellt. So verflechten sich in der Schülervorstellung häufig diese beiden Phänomene zu einem: durch das Loch in der

² Ich verwende bewusst den Begriff „Schülervorstellungen“ anstelle von „Fehlvorstellungen“, da diese Vorstellungen zwar aus wissenschaftlicher Sicht unvollständig oder inkorrekt sein können, den Schülern aber für ihr Alltagsleben ausreichende Erklärungen liefern.

Ozonschicht/ Atmosphäre kann vermeintlich mehr Strahlung eindringen, was zur Folge hat, dass sich die Erde stärker erwärmt.

Da diese Vorstellungen sich für die Schüler als alltagstauglich erwiesen haben, ist es wichtig, sie bei der Planung von Unterricht zum Thema Klimawandel mit einzubeziehen, da sich nur so eine mögliche Änderung dieser Vorstellungen erreichen lässt (Strike & Posner, 1992).

Concept mapping: Schülervorstellungen grafisch sichtbar machen

Concept mapping ist ein grafisches Werkzeug, das sowohl in der didaktischen Forschung als auch im Unterricht vielfältig eingesetzt wird. Die kleinste Einheit einer solchen *concept map* (deutsch: „Begriffslandkarte“) bildet dabei eine Aussage, die aus zwei Begriffen und einem beschrifteten Pfeil besteht, der diese Begriffe in eine sinnvolle Relation zueinander setzt (**Abbildung 1**). Auf diese Weise können einfachste bis sehr komplexe inhaltliche Beziehungen und Strukturen grafisch dargestellt werden.



Abbildung 1: Eine Aussage bildet die kleinste Einheit einer *concept map* und besteht aus zwei Begriffen, die durch einen beschrifteten Pfeil zueinander in kausale Beziehung gesetzt werden.

Ursprünglich entwickelt wurde die Methode in den 1970er Jahren von Joseph D. Novak und seinen Kollegen (Novak, 1984). Gemäß der Assimilationstheorie von Ausubel (1968) waren die *concept maps* zunächst rein hierarchisch angeordnet. Heute werden sowohl *concept maps* mit hierarchischen als auch mit netzartigen Strukturen angewendet (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996). Sie können einen hohen Grad an Komplexität erreichen und eignen sich daher sehr gut, wenn es um die Darstellung vielschichtiger Themen wie zum Beispiel dem Klimawandel geht (Rebich & Gautier, 2005). Obwohl sie häufig als Lernhilfe oder Unterrichtsmittel eingesetzt wurden, können *concept maps* auch zur Evaluation von Unterricht genutzt werden. Im Verlauf des Unterrichts weiterentwickelt, geben sie den Schülern die Möglichkeit, ihre neu gewonnenen Erkenntnisse zu ordnen sowie alte Strukturen zu überarbeiten (Novak & Cañas, 2008). Derart erstellte *concept maps* zeichnen also die Fortschritte der Schüler im Unterrichtsverlauf nach. Die Restrukturierung bestehender Vorstellungen, um auf diese Weise naturwissenschaftliche

Konzepte zu verstehen, kann man unter den Begriff *conceptual change*³ einordnen (Duit & Treagust, 2003). *Concept mapping* stellt daher eine geeignete Methode dar, um vor dem Unterricht vorhandene Schülervorstellungen zu erfassen (Mintzes, Wandersee, & Novak, 2001) sowie *conceptual change*, so er eintritt, während bzw. nach dem Unterricht zu dokumentieren (Wallace & Mintzes, 1990). Ein Vorteil von *concept maps* ist zudem ihr hoher Grad an Komplexität; dieser kann beim Einsatz zur Unterrichtsevaluation jedoch auch nachteilig sein, da er eine schnelle Auswertung erschwert. Eine Möglichkeit zur (inhaltlichen) Auswertung ist beispielsweise ein Vergleich mit einer sogenannten *expert map* (Experten-Begriffslandkarte). Diese dient gewissermaßen als Musterlösung, die mit der zu analysierenden *concept map* der Schüler abzugleichen ist. Hierbei können verschiedene Bewertungsmethoden angewendet werden. Diese Auswertungsmethode lässt ausführliche Schlüsse über den Inhalt der *concept maps* zu, ist jedoch leider für die Anwendung im Schulalltag zu zeitaufwändig. Eine weitere Möglichkeit stellt daher die rein strukturelle Analyse dar (Kinchin, 2000). Hierbei wird davon ausgegangen, dass je höher der Grad an Vernetzung innerhalb einer *concept map* ist, desto vernetzter auch das Wissen des Autors der map ist. Da bei dieser Methode der eigentliche Inhalt der Aussagen innerhalb der *concept map* keine Rolle spielt, kann es jedoch passieren, dass *concept maps* auf Grund ihrer komplexen Struktur als hochwertig eingestuft werden, obwohl der Inhalt von geringer Qualität ist (Gerstner & Bogner, 2009). Auch diese Methode ist demnach für einen Einsatz zur Unterrichtsevaluation nur bedingt geeignet.

Umweltbildung & Klimawandel: Wissen, Umwelteinstellungen und Naturverbundenheit

Bisherige Bildungsprogramme zum Thema Klimawandel bezogen sich hauptsächlich auf eine Förderung von Wissen und/oder eine Veränderung der bereits beschriebenen Vorstellungen (z. B. Ekborg & Areskoug, 2006; Klosterman & Sadler, 2010; Lombardi & Sinatra, 2010; Rebich & Gautier, 2005). Die vorliegende Studie wurde dagegen als Umweltbildungsprojekt entwickelt, das neben der Vermittlung von Wissen Umwelteinstellungen und Naturverbundenheit fördern sollte. Somit geht die Studie einen Schritt weiter als bisherige Forschung und bezieht konsequent auch affektive Aspekte mit ein.

Wie bereits erläutert ist der Klimawandel ein sehr vielschichtiges Thema. Angesichts der Komplexität und des globalen Charakters dieses Phänomens fühlen sich Jugendliche häufig hilflos. Trotz einer individuellen Bereitschaft, aktiv etwas gegen den Klimawandel

³ Da der deutsche Begriff „Konzeptwechsel“ nicht in geeigneter Weise die Facetten der gesamten Theorie widerspiegelt, wird der englische Begriff „conceptual change“ im Folgenden beibehalten.

zu tun, wissen Jugendliche daher oftmals nicht, wie sie sich engagieren könn(t)en (Emnid, 2009; forsa, 2009). Zudem führt die teilweise widersprüchliche Berichterstattung in den Medien zu einer Unsicherheit bezüglich des Themas Klimawandel. Ziele von Unterricht zum Klimawandel sollten daher sein, durch Wissensvermittlung Unsicherheiten zu verringern (Fortner et al., 2000) sowie neben reinem Faktenwissen auch Handlungsoptionen und ihre Wirksamkeit aufzuzeigen (Bord et al., 2000). Ein solch (dreigeteiltes) Wissen kann die Basis für späteres Verhalten bilden (Kaiser, Roczen, & Bogner, 2008).

Für eine mögliche positive Beeinflussung des Verhaltens sollten neben kognitiven Grundlagen auch affektive Aspekte einbezogen werden. Viele Studien haben bereits gezeigt, dass Umweltbildungsprogramme im Freiland Umwelteinstellungen positiv beeinflussen können (z. B. Bogner, 1998; Bogner & Wiseman, 2004; Fančovičová & Prokop, 2011; Johnson & Manoli, 2011; Kruse & Card, 2004). In der vorliegenden Studie wurde die von Bogner und Wiseman (1999, 2002, 2003, 2004, 2006) entwickelte 2-MEV- (2 Major Environmental Values) Skala angewendet. Die Skala baut auf zwei übergeordneten Faktoren auf: zum einen die Naturschutz-Präferenz (Preservation), zum anderen die Natur(aus)nutzungs-Präferenz. Dabei bezieht sich erstere auf biozentrische, letztere auf anthropozentrische Präferenzen. Das Messmodell wurde inzwischen von drei unabhängigen Arbeitsgruppen bestätigt (Boeve-de Pauw & van Petegem, 2011; Johnson & Manoli, 2008, 2011; Milfont & Duckitt, 2004).

Um Umwelteinstellungen langfristig zu verbessern, spielt anscheinend die Länge der Intervention eine entscheidende Rolle. Es zeigte sich, dass kurze, eintägige Umweltbildungsprogramme zumeist keinen langfristigen Einfluss haben, während mehrtägige Programme durchaus solche Effekte erzielen konnten (Bogner, 1998; Stern et al., 2008). Folgerichtig sollten Umweltbildungsprogramme durchaus mehrere Tage dauern und/oder wiederholt besucht werden, um die Einstellungen der teilnehmenden Jugendlichen zu beeinflussen. Dies ist jedoch im Schulalltag oftmals kaum möglich, da in dichten Lehrplänen und vollen Stundenplänen kaum Zeit für solche Projekte bleibt. Die alljährlichen Wandertage bleiben häufig die einzige Möglichkeit, an einem Umweltbildungsprojekt teilzunehmen.

Ein weiterer Faktor, der späteres Verhalten beeinflussen könnte, ist die Naturverbundenheit. Schultz (2002) spricht hier von einer Einbeziehung der Natur in das Selbst, die definiert ist als der Grad, in dem eine Person die Natur als Teil ihrer Selbst ansieht. Da der Kontakt zur Natur heutzutage oftmals gering ist, bieten außerschulische Umweltbildungsprogramme die Möglichkeit, diesen durch direkte Erfahrungen im Freien zu fördern. Solche positiven Einflüsse auf die Naturverbundenheit wurden bereits wiederholt beschrieben (Schultz & Tabanico, 2007; Stern et al., 2008).

Der botanische Garten als außerschulischer Lernort

Botanische Gärten haben eine Vielzahl von Aufgaben: neben Forschung, universitärer Lehre, Freizeit- und Erholungsangebot gehört auch seit jeher Bildung dazu. Klassischerweise beschäftigt sich diese mit der Beeinflussung systemischen Wissens zu Pflanzenarten und Ökosystemen; in neuerer Zeit wurde die Themenauswahl (als Reaktion auf die weltweiten anthropogenen Veränderungen unserer Ökosysteme) um Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung erweitert (Michener & Schultz, 2002). Botanic Gardens Conservation International (BGCI) betrachtet Umweltbildung und speziell Bildung für nachhaltige Entwicklung so auch als eine der Hauptaufgaben von botanischen Gärten (Willison, 2006; Willison & Green, 1994). Mit ungefähr 20 Millionen Besuchern pro Jahr erreichen die etwa 100 botanischen Gärten Deutschlands ein erfreulich großes Publikum. Neben Freizeitbesuchern kommen jedoch auch viele Schulklassen, wenn auch oft nur im Rahmen von Wandertagen in die Gärten. Durch diese hohen Besucherzahlen zeigen botanische Gärten eine große Beliebtheit und stellen daher konsequenterweise auch ein hohes Potential für Bildungsprojekte dar.

Während reine Wissensvermittlung sowohl in der Schule als auch außerhalb stattfinden kann, bietet sich für die Förderung von Umwelteinstellungen und Naturverbundenheit ein außerschulischer Lernort an. Zahlreiche Studien zu außerschulischen Lernorten und ihrer Effektivität belegen Wissenssteigerung, sowie positive Auswirkungen auf Naturverbundenheit und Umwelteinstellungen (z. B. Bogner, 1998; Fančovičová & Prokop, 2011; Stern et al., 2008). Der botanische Garten als Lernort wurde in diesem Zusammenhang jedoch noch zu wenig beachtet (Sanders, 2007). In dieser Studie wurde daher bewusst dieser Lernort ausgewählt, auch weil er sich in besonderer Weise für Bildungsprojekte zum Thema Klimawandel eignet. Die hier vorhandenen Pflanzenarten aus den verschiedensten Ökosystemen der gesamten Welt ermöglichen es den Schülern, diese modellhaft kennenzulernen und bieten gewissermaßen ein „Fenster zur botanischen Welt“. Spezielle Anpassungen von Pflanzen an ihre Ökosysteme lassen sich morphologisch vor Ort belegen, Struktur und Funktion einzelner Merkmale unterstützen authentisch Argumentationslinien in jedem Unterrichtsansatz. Darüber hinaus lassen sich anschauliche Bezüge zu globalen Auswirkungen und Zusammenhängen des Klimawandels herstellen, der als abstraktes Phänomen für Schüler sonst schwer verständlich ist. So können zum Beispiel anhand der australischen Pyrophyten („feuerliebende Pflanzen“) *Banksia* sp. und *Eucalyptus* sp. die Auswirkungen höherer Temperaturen und steigenden Kohlenstoffdioxidgehalts der Atmosphäre auf die australischen Feuerökosysteme verdeutlicht werden. Dazu zählen zum Beispiel eine erhöhte Frequenz der Buschfeuer sowie eine vermehrte Biomasseproduktion, die

letztlich die Feuergefahr zusätzlich erhöht, da mehr Brennmaterial zur Verfügung steht. Botanische Gärten könnten daher einen wichtigen Beitrag zur Bildung zum Thema Klimawandel leisten.

C.2 Ziele der Arbeit und Unterrichtsdesign

Abgeleitet aus dem oben dargelegten Stand der Forschung wurden der Gesamtstudie folgende Fragestellungen zugrunde gelegt:

- (1) Wie verändern sich die Alltagsvorstellungen von Schülern in Bezug auf den Klimawandel durch die Teilnahme an einem Umweltbildungsprogramm? Welchen Einfluss hat dabei die Gestaltung der Unterrichtsmaterialien in Hinblick auf die Einbeziehung von Schülervorstellungen?
- (2) Wie effektiv ist ein eintägiges Umweltbildungsprogramm in Hinblick auf Wissenszuwachs, Naturverbundenheit und Umwelteinstellungen von teilnehmenden Schülern?

Im Rahmen der Studie wurde auf Grundlage der Fragestellungen zunächst das zweitägige Umweltbildungsprogramm „Wie im Treibhaus!“ zum Thema Klimawandel entwickelt (alle zugehörigen Arbeitsmaterialien sind im Anhang aufgeführt), welches an den Lehrplan für Biologie und Geografie der zehnten gymnasialen Jahrgangsstufe angelehnt war. Das aus drei Lernmodulen bestehende Programm wurde zum Teil an der Schule, zum Teil am außerschulischen Lernort botanischer Garten durchgeführt (**Abbildung 2**). Alle Module wurden so konzipiert, dass die Schüler möglichst selbstständig die Inhalte erarbeiten konnten.

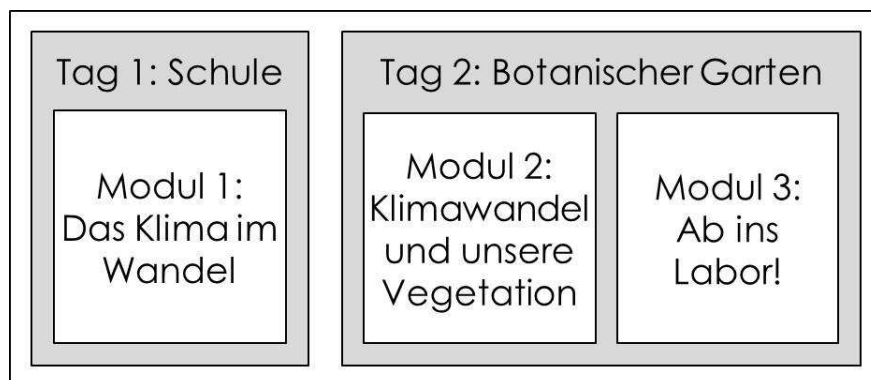


Abbildung 2: Übersicht über den Ablauf des Umweltbildungsprogrammes.

Die Module 1 und 2 beruhen auf den Prinzipien des Stationenlernens. Bei dieser schülerzentrierten Unterrichtsform werden an verschiedenen Stationen in sich

abgeschlossene Arbeitsaufträge zu Aspekten eines Gesamtthemas dargeboten. Die Schüler können, meist in Kleingruppen, diese Stationen in beliebiger Reihenfolge bearbeiten und halten ihre Ergebnisse in einem Arbeitsheft fest. Die Lehrkraft nimmt sich dabei weitgehend zurück und greift lediglich bei Bedarf unterstützend ein. In einer Schlussphase können Ergebnisse gemeinsam besprochen sowie gegebenenfalls korrigiert und geklärt werden (z. B. Jürgens, 2003). Zusätzlich zu den acht beziehungsweise fünf Pflichtstationen in Modul 1 und 2 wurde jeweils eine Zusatzstation für schnellere Schülergruppen angeboten. In Modul 1 wurde auf Grundlage der von Reinfried, Schuler, Aeschbacher und Huber (2008) (Reinfried et al., 2008) empfohlenen Vorgehensweise die Schülervorstellung, dass das Ozonloch den Klimawandel begünstigt oder gar auslöst (siehe Kapitel 1) in besonderer Weise angesprochen (siehe auch Arbeitsmaterial zu Station 1 im Anhang).

Modul 3 beinhaltete offene Experimente zu verschiedenen Mechanismen und Auswirkungen des Klimawandels. Ein Experiment ist klassischerweise eingeteilt in die Entwicklung einer Fragestellung oder Hypothese sowie den Phasen der Planung, Durchführung, Auswertung und Interpretation. Im Gegensatz zum Demonstrationsexperiment werden beim offenen Experimentieren mehrere oder alle dieser Elemente selbstständig von den Schülern durchgeführt. Um den Schülern diese Phasen zu erleichtern, sollten offene Experimente so angelegt sein, dass mehrere Lösungen möglich sind und zum gleichen Ergebnis führen. Alle Schritte sollten dabei von den Schülern schriftlich festgehalten werden (z. B. Mayer & Ziemek, 2006).

Inhaltlich beschäftigten sich die Module mit Mechanismen, Ursachen, und Folgen des Klimawandels. Dabei wurden nicht nur ökologische, sondern auch politische, soziale und wirtschaftliche Aspekte miteinbezogen. Eine Übersicht über die Inhalte findet sich im Anhang.

Die beschriebenen Module bilden die Grundlage für die Teilstudien A und B. Um das Programm an den Schulalltag anzupassen (siehe oben), wurde es für die Teilstudien C und D auf einen Tag verkürzt. Dabei wurde auf die Durchführung der offenen Experimente verzichtet, da diese lediglich zur Untermauerung der in den Modulen 1 und 2 vermittelten Inhalte dienten. Die eintägige Variante wurde ausschließlich im botanischen Garten durchgeführt.

C.3 Methodik: Datenerhebung und –auswertung

Für die **Teilstudien A** und **B** verlief die Datenerhebung parallel. Insgesamt haben dazu 95 Zehntklässler an der zweitägigen Version des Umweltbildungsprogrammes teilgenommen. Direkt vor der Teilnahme wurde in Partnerarbeit beziehungsweise in

Gruppen bis zu drei Schülern eine *concept map* zum Thema Klimawandel erstellt (*pre-map*). Da diese Methode für alle Teilnehmer neu war, wurde gemeinsam im Klassenverband beispielhaft eine *concept map* an der Tafel zu einem den Schülern geläufigen Thema entwickelt, um sie mit der Methode vertraut zu machen. Nach dieser Einführungsphase bekamen die Schüler insgesamt 25 Begriffe an die Hand (siehe Anhang), mit denen sie ihre *concept map* erstellen konnten (Beispiel siehe Abbildung 3a). Dabei blieb es ihnen selbst überlassen, welche Begriffe integriert werden sollten. Bei Bedarf konnten auch eigene Begriffe eingefügt werden. Von den 25 vorgegebenen Begriffen waren 20 so ausgewählt, dass das Phänomen Klimawandel mit ihnen ausreichend erläutert werden konnte. Sie waren zuvor auf Grundlage von *expert maps* ausgewählt worden, die unter anderem auf Basis der Fachliteratur erstellt worden waren. Fünf weitere Begriffe bezogen sich auf allgemein bekannte und häufig auftauchende Schülervorstellungen zum Klimawandel (Ozonloch, Saurer Regen, Luftverschmutzung, Umweltverschmutzung und Recycling). Die teilnehmenden Schüler wurden nicht über diese Aufteilung informiert. Nach der Teilnahme an der Intervention erhielten die Schüler ihre zuvor erstellten *concept maps* zurück, um ihnen ihre vor der Programmteilnahme vorhandenen Vorstellungen über den Klimawandel noch einmal ins Gedächtnis zu rufen. Die Jugendlichen konnten nun eine zweite *concept map* erstellen, in der sie ihre neu gewonnenen Erkenntnisse integrieren sowie Inhalte verändert darstellen konnten (*post-map*). Eine Kontrollgruppe von 29 Schülern erstellte *concept maps*, nahm jedoch nicht am Programm sondern lediglich am regulären Klassenunterricht teil. Für die weitere Analyse wurden die *concept maps* mit Hilfe der Software IHMC CMap Tools (Version 5.03) digitalisiert (**Abbildung 3b**).

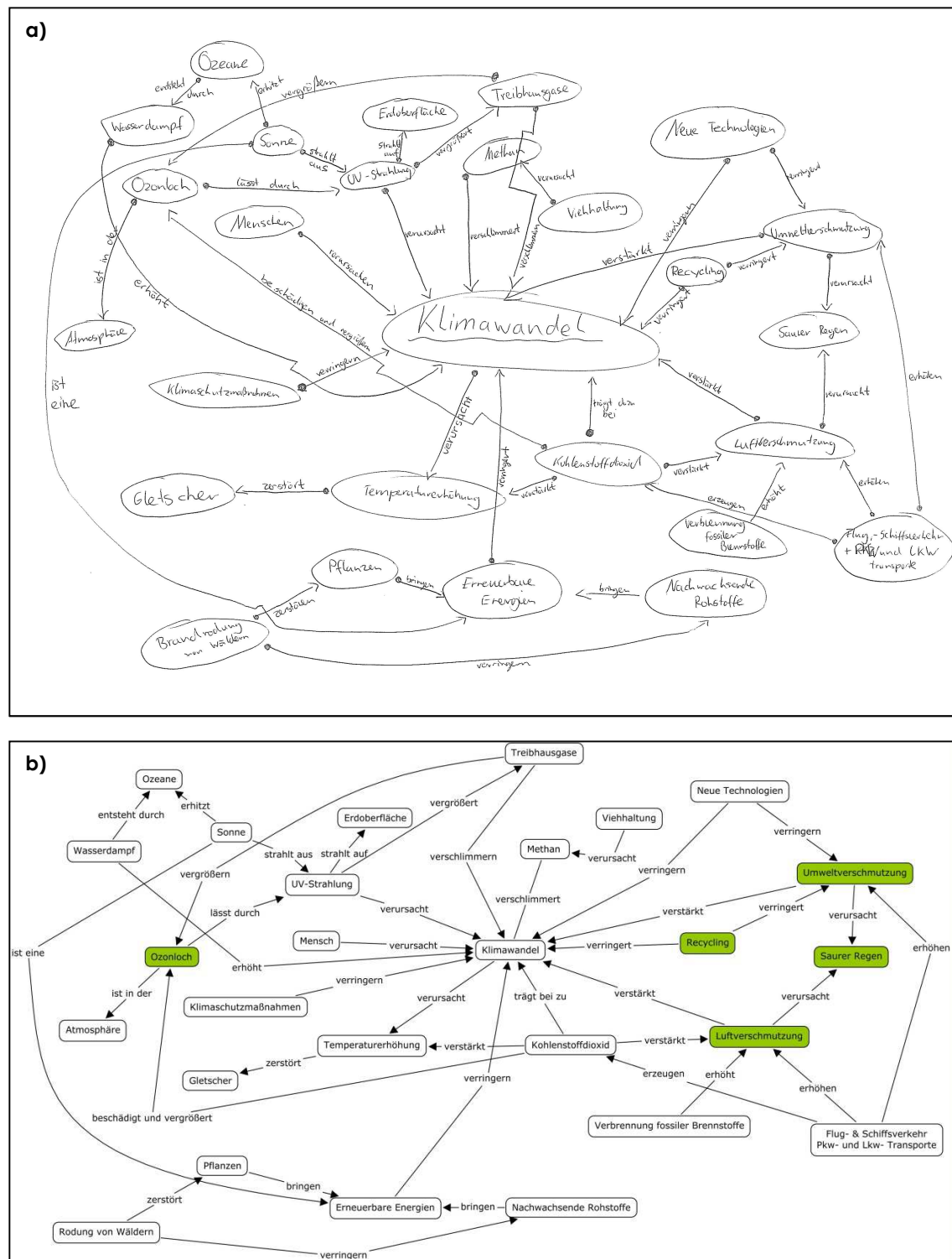


Abbildung 3: a) Beispiel einer von Schülern erstellten *concept map* (vor Teilnahme am Umweltbildungsprogramm angefertigt). b) Dieselbe *concept map* mittels IHMC CMapTools digitalisiert. Die Begriffe, die sich auf die gängigen Schülervorstellungen, beziehen sind grün markiert.

Für die **Teilstudie A** wurden vor Beendigung der Gesamtdatenaufnahme die *concept maps* von 25 Schülern ausgewertet. Ziel war es, festzustellen, ob die explizite Behandlung von häufig auftauchenden Schülervorstellungen während des Unterrichts

einen Effekt auf die Änderung dieser Vorstellungen hat. In einem ersten Schritt wurde dazu die Häufigkeit der Begriffe ausgezählt, die sich auf die wiederholt auftauchenden Schülervorstellungen beziehen. Im zweiten Schritt wurden die Aussagen, in denen diese Begriffe verwendet wurden, isoliert und inhaltlich analysiert. Der Fokus lag dabei auf der Frage, ob die jeweilige Aussage auch tatsächlich mit der gängigen Schülervorstellung übereinstimmt oder der Begriff in einem anderen Zusammenhang verwendet wird. Der Anteil an Aussagen, die mit der Schülervorstellung übereinstimmen, wurde ermittelt. Ein Vergleich der Häufigkeiten in den *pre-* und *post-maps* sollte Auskunft über mögliche Änderungen geben.

Für die **Teilstudie B** wurden insgesamt 44 *concept maps* von 95 Schülern analysiert. Ziel der Studie war es, eine zeitsparende und angemessene Methode zu entwickeln, die es Lehrkräften ermöglicht, die *concept maps* ihrer Schüler in Bezug auf deren Vorstellungen und einen möglichen *conceptual change* zu analysieren und somit flexibel auf die Bedürfnisse der Lerner reagieren zu können. Dazu wurden zunächst die Begriffe ausgezählt, die sich auf die gängigen Schülervorstellungen beziehen, sowie die Aussagen, in denen diese Begriffe verwendet wurden (quantitative Analyse). Ähnlich zu Teilstudie A wurden auch hier die Aussagen zusätzlich inhaltlich auf ihre Übereinstimmung mit den gängigen Schülervorstellungen überprüft (qualitative Analyse). Als Basis hierfür diente eine *reference map*, die alle zu untersuchenden Schülervorstellungen zusammenfassend darstellte. Bei einer Übereinstimmung der Aussage in der von Schülern erstellten *concept map* mit einer Aussage in der *reference map* erhielt die Aussage einen Wert von 1, wenn nicht einen Wert von 0. Auf diese Weise wurde für jede *concept map* ein Summenwert für die Schülervorstellungen gebildet. Um die Reliabilität der Analyse abzusichern, wurde sie für 10% der *concept maps* von zwei Personen unabhängig durchgeführt und die Intra- und Intercoder-Reliabilität ermittelt. Die Werte für Cohen's Kappa (Cohen, 1960) lagen dabei zwischen 0,76 und 0,87, was als „substantiell“ bis „fast perfekt“ gilt (Wolf, 1997) S. 964). Um mögliche Veränderungen durch die Teilnahme an der Intervention zu ermitteln, wurden die Summenwerte folgender Parameter für *pre-* und *post-maps* gebildet und mittels *t*-Test verglichen: (1) Begriffe, die sich auf die Schülervorstellungen bezogen, (2) Aussagen, die diese Begriffe beinhalteten und (3) Aussagen, die mit den gängigen Schülervorstellungen übereinstimmten. Effektstärken wurden mit Pearson's Korrelationskoeffizient berechnet. In einem weiteren Analyseschritt wurden die Differenzen zwischen *pre-* und *post-maps* für alle drei Parameter miteinander korreliert.

An **Teilstudie C** haben insgesamt 108 Schüler teilgenommen. Eine Gruppe von 37 Schülern fungierte als Kontrollgruppe. In dieser Teilstudie wurde die Effektivität des eintägigen Umweltbildungsprogrammes im botanischen Garten bezüglich des kurz-

und langfristigen Wissenszuwachses der Jugendlichen getestet. Dazu wurde auf Grundlage der Modulinhalte ein Wissensfragebogen entwickelt, der möglichst breit gefächert die Inhalte des Umweltbildungsprogrammes abfragt (siehe Anhang). Dieser bestand aus 30 Multiple-Choice-Fragen und wurde jeweils eine Woche vor (Vortest), direkt nach (Nachtest) und vier bis sechs Wochen nach der Programmteilnahme (Behaltenstest) von den Schülern ausgefüllt. Durch einen anonymisierten Code konnten jeweils die Fragebögen eines Schülers einander zugeordnet werden. Für die Auswertung wurde die Summe aller richtigen Antworten pro Testzeitpunkt ermittelt und statistisch verglichen (abhängiger *t*-Test).

Eine Gruppe von 114 Zehntklässlern nahm an **Teilstudie D** teil. Weitere 37 Schüler fungierten als Kontrollgruppe. Ziel der Studie war es, den kurz- und langfristigen Einfluss des eintägigen Umweltbildungsprogrammes auf die Umwelteinstellungen und Naturverbundenheit der teilnehmenden Jugendlichen zu untersuchen. Dazu wurden in einem Vor-Nach-Behaltenstest-Design zwei empirische Skalen in einem Fragebogen eingesetzt: die 2-MEV-Skala (2 Major Environmental Values) zur Messung der Umwelteinstellungen und die INS-Skala (Inclusion of Nature in Self) zur Bestimmung der Naturverbundenheit. Die 2-MEV-Skala beschreibt zwei gegensätzliche Domänen, Umweltschutz (Preservation) und Umwelt(aus)nutzung (Utilisation). Der erste Faktor steht für biozentrische, naturorientierte Präferenzen, die Menschen als Teil der Natur sehen und unsere Abhängigkeit von der Natur anerkennen. Der Faktor Natur(aus)nutzung umfasst anthropozentrische Präferenzen, die den Menschen als dominierend über die Natur ansehen. Die ursprünglich aus 20 Items bestehende Skala (zehn Items pro Faktor) (Bogner & Wiseman, 2006) wurde für die Teilstudie auf 16 reduziert. Dabei wurden die Items mit den höchsten Faktorladungen gewählt (Bogner & Wiseman, 2006) (siehe Anhang). Die Schüler bewerteten anhand einer fünfstufigen Likert-Skala (stimme nicht zu [1] bis stimme völlig zu [5]) die vorgelegten Aussagen (siehe Anhang). Eine naturorientierte Person würde dabei einen hohen Summenwert im Faktor Naturschutz und wahrscheinlich einen niedrigen Summenwert im Faktor Umwelt(aus)nutzung erzielen. Das zweite Messinstrument war die INS-Skala (Schultz, 2001). Diese Skala besteht lediglich aus einem grafischen Item, das sieben Abbildungen von zwei jeweils verschieden stark überlappenden Kreisen zeigt (siehe Anhang). Ein Kreis steht dabei für die Natur, der andere für das Ich. Die Schüler mussten sich für eine der gezeigten Darstellungen entscheiden. Beide eingesetzten Skalen wurden auf ihre Reliabilität überprüft. Die Summenwerte für die beiden Faktoren der 2-MEV-Skala wurden berechnet; die errechneten Werte konnten dabei zwischen 8 und 40 liegen. Die Tests zu den drei verschiedenen Zeitpunkten wurden mit Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test miteinander verglichen. Zudem wurde Pearson's Korrelation berechnet, um mögliche Zusammenhänge zwischen den beiden Skalen zu ermitteln.

C.4 Ergebnisse und Diskussion

Das Thema Klimawandel begünstigt die Ausbildung von Schülervorstellungen, die häufig nicht mit der wissenschaftlichen Sichtweise übereinstimmen. Die Beeinflussung solcher Schülervorstellungen durch ein Umweltbildungsprogramm, die Effektivität von speziell gestalteten Unterrichtsmaterialien sowie die im Unterrichtsalltag anwendbare Erfassung der Vorstellungen und Änderungen sollte untersucht werden. Des Weiteren lag der Fokus auf der Effektivität eintägiger Umweltbildungsprogramme wie sie häufig im Rahmen von schulischen Wandertagen durchgeführt werden.

In den **Teilstudien A** und **B** konnte gezeigt werden, dass (1) die teilnehmenden Schüler ähnliche Vorstellungen über den Klimawandel haben, wie sie bereits aus vorangegangenen internationalen Studien bekannt sind (Andersson & Wallin, 2000; Boyes & Stanisstreet, 1997; Lombardi & Sinatra, 2010; Rebich & Gautier, 2005; Shepardson et al., 2009) und (2) dass sich diese Schülervorstellungen durch die Teilnahme am Umweltbildungsprogramm signifikant positiv verändert haben (mittlere Effektstärken: $0,41 < r < 0,48$). Offenbar spielt dabei auch die inhaltliche Gestaltung der Unterrichtsmaterialien eine große Rolle: während Schülervorstellungen, die nicht ausdrücklich angesprochen wurden, keine Veränderung zeigten, konnte ein deutlicher Rückgang der „Ozonloch“-Vorstellung festgestellt werden. Die Vorstellung, dass das Ozonloch den Klimawandel begünstigt oder gar auslöst, wurde im Unterrichtsmaterial explizit angesprochen und der wissenschaftlichen Sichtweise gegenüber gestellt. Da sich diese Vorgehensweise als effizient erwiesen hat, sollte sie bei der Entwicklung neuer Lernmaterialien mit einbezogen werden. Die Übertragbarkeit auf andere Themengebiete neben dem Klimawandel ist sehr wahrscheinlich. Die Erfassung der Schülervorstellungen durch *concept maps* sowie die Entwicklung einer Auswertungsmethode, die schnell und einfach zur Evaluation von Unterricht eingesetzt werden kann, war erfolgreich. Die Korrelationsanalyse hat gezeigt, dass einfaches Auszählen der Begriffe, die sich auf gängige Schülervorstellungen beziehen, Rückschlüsse auf die tatsächlichen Schülervorstellungen zulässt. Eine aufwändige inhaltliche Analyse ist somit nicht mehr notwendig, was den Einsatz von *concept maps* zur Evaluierung von Schülervorstellungen und ihren Veränderungen im alltäglichen Unterricht ermöglicht und möglicherweise auch zu ihrem Einsatz im Biologieunterricht ermutigt (Kinchin, 2001).

Die **Teilstudien C** und **D** gaben Auskunft über die kurz- und langfristige Effektivität des eintägigen Umweltbildungsprogrammes bezüglich Wissen, Umwelteinstellungen und Naturverbundenheit. Die eingesetzten empirischen Instrumente hatten eine hohe bis zufriedenstellende Reliabilität (Cronbach's α von 0,77 [Wissenstest], 0,61 [2-MEV-Skala]

und 0,93 [INS-Skala]). Der Vergleich der drei Testzeitpunkte mittels *t*-Test ergab einen signifikanten kurz- und langfristigen Wissenszuwachs. Durch den Vergleich mit der Kontrollgruppe, in der kein Unterschied zwischen den Testzeitpunkten festzustellen war, kann dieser Effekt der Teilnahme am Umweltbildungsprogramm zugeschrieben werden. Der botanische Garten ist also vergleichbar mit anderen außerschulischen Lernorten, wie Zoos, Science Center oder Naturkundemuseen, in denen ein Wissenszuwachs bereits nachgewiesen werden konnte (z. B. Bamberger & Tal, 2008; Davidson, Passmore, & Anderson, 2010; Falk & Needham, 2011). Die Schüler hatten über einen Zeitraum von vier bis sechs Wochen keinen Wissensverlust, wie der Vergleich von Nach- und Behaltenstest zeigt. Da man erwarten würde, dass die Schüler zumindest einen Teil ihres neu erworbenen Wissens vergessen, ist dies ein sehr überraschendes Ergebnis. Auf Grund der vielen Faktoren, die das Lernen an außerschulischen Lernorten beeinflussen, kann lediglich angenommen werden, dass das sorgfältige Design und die bewusste Schülerzentriertheit der Unterrichtmodule dazu beigetragen hat. Ähnlich wie beim Wissen konnte auch für die untersuchten Variablen Umwelteinstellungen und Naturverbundenheit kurzfristig ein signifikanter positiver Effekt festgestellt werden. Einzig die Änderung im Faktor Natur(aus)nutzung blieb dabei über vier bis sechs Wochen konstant. Naturverbundenheit ist ein relativ stabiler Faktor (Schultz, Shriver, Tabanico, & Khazian, 2004) und kann daher wahrscheinlich nur durch längere und/oder wiederholte Naturerfahrungen nachhaltig beeinflusst werden (Stern et al., 2008). Auf den ersten Blick überraschend erscheinen die Ergebnisse der 2-MEV-Skala. Während der Faktor Natur(aus)nutzung durch die Teilnahme am Umweltbildungsprogramm langfristig positiv verändert werden konnte, ist dies für Naturschutz nur kurzfristig der Fall. Ähnlich uneinheitliche Ergebnisse wurden jedoch auch schon in anderen Studien erzielt: während bei den einen langfristig nur der Faktor Natur(aus)nutzung verbessert werden konnte (z. B. Boeve-de Pauw & van Petegem, 2011; Bogner, 2002), traf dies bei anderen für die Naturschutzpräferenzen zu (Johnson & Manoli, 2011). Es ist davon auszugehen, dass hier das Thema der Intervention eine Rolle spielt. In der vorliegenden Studie wurde mit dem Thema Klimawandel als menschengemachtes Problem vor allem das anthropogene Element angesprochen und folglich auch hauptsächlich die Natur(aus)nutzungspräferenz beeinflusst. Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass das eintägige Umweltbildungsprogramm in Bezug auf alle untersuchten Parameter kurzfristig einen positiven Effekt hatte, langfristig jedoch nur auf das Wissen und die Natur(aus)nutzungspräferenz der Schüler.

C.5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Gesamtstudie zeigt die Wirksamkeit außerschulischer Umweltbildung zum Thema Klimawandel in mehreren Bereichen. Mögliche Konsequenzen für den Unterricht sowie die weiterführende Forschung sollen daher kurz dargestellt werden.

Schülervorstellungen zum Thema Klimawandel konnten durch die Teilnahme am Umweltbildungsprogramm positiv hin zu einer wissenschaftlicheren Sichtweise verändert werden. Bei der Durchführung des Unterrichts sollte dabei explizit auf die vorhandenen Schülervorstellungen eingegangen werden, da dieses Vorgehen offenbar entscheidend zu einer wirksamen Änderung beiträgt. Weiterhin können Lehrkräfte mit Hilfe der vorgestellten Methode zur Auswertung von *concept maps* besser auf die Schülervorstellungen reagieren, da die Auswertung zeitnah und mit wenig Aufwand durchgeführt werden kann. Mit dieser Studie konnte außerdem gezeigt werden, dass eintägige außerschulische Bildungsprogramme entgegen bisheriger Annahmen durchaus einen positiven Effekt erzielen können, der zum Teil auch langfristig erhalten bleibt. Der botanische Garten als bisher wenig beforschter außerschulischer Lernort erwies sich hierbei durchaus als effektiv. Vergleiche mit anderen außerschulischen Lernorten waren nicht Teil dieser Studie und sollten zur Quantifizierung dieser Annahme durchgeführt werden. Da alle Effekte ausschließlich auf die Teilnahme am Umweltbildungsprogramm zurückführbar sein sollten, wurde das Programm nicht in den regulären Unterricht eingebunden und weder vor- noch nachbereitet. Im Rahmen des normalen Schulunterrichts wäre es möglich, genau dies zu tun und somit die Effekte des Programms, vor allem die Umwelteinstellungen und die Naturverbundenheit betreffend, zu erhöhen (Smith-Sebasto & Cavern, 2006; Stern et al., 2008). Die Teilnahme an einem solchen Programm könnte daher eine wirksame Ergänzung zum schulischen Unterricht darstellen. Bei der Konzipierung von Umweltbildungsangeboten sowie bei der Planung von Studien sollte bedacht werden, dass der inhaltliche Schwerpunkt der Intervention eine Rolle dabei spielt, welche Umwelteinstellungspräferenzen verändert werden. Idealerweise sollten sowohl Naturschutz- als auch Natur(aus)nutzungsaspekte mit einfließen. Dies ist nicht bei jedem Thema möglich, wie die vorliegende Studie zeigt. Ergebnisse sollten daher zukünftig auch unter diesem Gesichtspunkt interpretiert werden.

Die Studie konnte zeigen, dass Unterricht zum Klimawandel Schülervorstellungen positiv verändern und dabei nicht nur kognitive, sondern auch affektive Komponenten beeinflussen kann. Der außerschulische Lernort botanischer Garten zeigte sich daher als adäquate Lernumgebung für diesen Themenbereich. Der Vergleich mit anderen außerschulischen Lernorten bedarf jedoch weiterer Forschung.

D. Literaturverzeichnis der Zusammenfassungen

- Andersson, B., & Wallin, A. (2000). Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO₂ emissions and the problem of ozone layer depletion. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1096–1111.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York [u.a.]: Holt, Rinehart and Winston.
- Bamberger, Y., & Tal, T. (2008). Multiple Outcomes of Class Visits to Natural History Museums: The Students' View. *Journal of Science Education and Technology*, 17(3), 274–284.
- Boeve-de Pauw, J., & van Petegem, P. (2011). The Effect of Flemish Eco-Schools on Student Environmental Knowledge, Attitudes, and Affect. *International Journal of Science Education*, 33(11), 1513–1538.
- Bogner, F. X. (1998). The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspective. *The Journal of Environmental Education*, 29(4), 17–29.
- Bogner, F. X. (2002). The influence of a residential outdoor education programme to pupil's environmental perception. *European Journal of Psychology of Education*, 17(1), 19–34.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (1999). Toward Measuring Adolescent Environmental Perception. *European Psychologist*, 4(3), 139–151.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2002). Environmental Perception of Pupils from France and Four European Regions. *Journal of Psychology of Education*, 17(1), 3–18.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2004). Outdoor ecology education and pupil's environmental perception in preservation and utilization. *Science Education International*, 15(1), 27–48.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2006). Adolescents' attitudes towards nature and environment: Quantifying the 2-MEV model. *The Environmentalist*, 26, 247–254.
- Bord, R., O'Connor, R., & Fisher, A. (2000). In what sense does the public need to understand global climate change? *Public Understanding of Science*, 9, 205–218.
- Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1993). The 'Greenhouse Effect': children's perceptions of causes, consequences and cures. *International Journal of Science Education*, 15(5), 531–552.
- Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1997). Children's Models of Understanding of Two Major Global Environmental Issues (Ozone Layer and Greenhouse Effect). *Research in Science & Technological Education*, 15(1), 19–28.

- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 10(1), 37–46.
- Davidson, S. K., Passmore, C., & Anderson, D. (2010). Learning on Zoo Field Trips: The Interaction of the Agendas and Practices of Students, Teachers, and Zoo Educators. *Science Education*, 94(1), 122–141.
- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688.
- Ekborg, M., & Areskoug, M. (2006). How student teachers' understanding of the greenhouse effect develops during a teacher education programme. *Nordic Studies in Science Education*, 5, 17–29.
- Emnid, & Bundesministerium für europäische und internationale Angelegenheiten. (2009). Jugend und die Zukunft der Welt - Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage in Deutschland und Österreich „Jugend und Nachhaltigkeit“. In *Jugend und die Zukunft der Welt 2009*.
- Falk, J. H., & Needham, M. D. (2011). Measuring the impact of a science center on its community. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 1–12.
- Fančovičová, J., & Prokop, P. (2011). Plants have a chance: outdoor educational programmes alter students' knowledge and attitudes towards plants. *Environmental Education Research*, 17(4), 537–551.
- Fischlin, A., Midgley, G., Price, J., Leemans, R., Gopal, B., Turley, C., ... (2007). Ecosystems, their properties, goods and services. In M. Parry, O. Canziani, J. Palutikof, P. van der Linden, & C. E. Hanson (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- forsa, Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen (2009). *Klimawandel und Klimaschutz*.
<http://www.bmu.de/publikationen/bildungsservice/aktuell/doc/45011.php>
- Fortner, R. W., Lee, J.-Y., Corney, J. R., Romanello, S., Bonnell, J., Luthy, B., ... (2000). Public Understanding of Climate Change: Certainty and willingness to act. *Environmental Education Research*, 6(2), 127–141.
- Gerstner, S., & Bogner, F. (2009). Concept map structure, gender and teaching methods: an investigation of students' science learning. *Educational Research*, 51(4), 425–438.

- Johnson, B., & Manoli, C. C. (2008). Using Bogner and Wiseman's Model of Ecological Values to measure the impact of an earth education programme on children's environmental perceptions. *Environmental Education Research*, 14(2), 115–127.
- Johnson, B., & Manoli, C. C. (2011). The 2-MEV Scale in the United States: A Measure of Children's Environmental Attitudes Based on the Theory of Ecological Attitude. *Journal of Environmental Education*, 42(2), 84–97.
- Jürgens, E. (2003). *Schüleraktive Unterrichtsformen - Modelle und Praxisbeispiele für erfolgreiches Lehren und Lernen* (1st ed.). München: Oldenbourg Schulbuchverlag GmbH.
- Kaiser, F. G., Roczen, N., & Bogner, F. X. (2008). Competence formation in environmental education: advancing ecology-specific rather than general abilities. *Umweltpsychologie*, 12(2), 56–70.
- Kinchin, I. M. (2000). From 'ecologist' to 'conceptual ecologist': the utility of the conceptual ecology analogy for teachers of biology. *Journal of Biological Education*, 34(4), 178–183.
- Kinchin, I. M. (2001). If concept mapping is so helpful to learning biology, why aren't we all using it? *International Journal of Science Education*, 23(12), 1257–1269.
- Klosterman, M. L., & Sadler, T. D. (2010). Multi-level assessment of scientific knowledge gains associated with socioscientific issues-based instruction. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1017–1043.
- Kruse, C. K., & Card, J. A. (2004). Effects of a Conservation Education Camp Program on Campers' Self-Reported Knowledge, Attitude, and Behavior. *The Journal of Environmental Education*, 35(4), 33–45.
- Lombardi, D., & Sinatra, G. (2010). College Students' Perceptions About the Plausibility of Human-Induced Climate Change. *Research in Science Education*, online first, 1–17.
- Mayer, J., & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren - Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 317, 4–12.
- Michener, D. C., & Schultz, I. J. (2002). Through the garden gate: Objects and informal education for environmental and cultural awareness in arboreta and botanic gardens. In S. G. Paris (Hrsg.), *Perspectives on object-centered learning in museums* (pp. 95–111). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Milfont, T. L., & Duckitt, J. (2004). The structure of environmental attitudes: a first- and second-order confirmatory factor analysis. *Journal of Environmental Psychology*, 24(3), 289–303.

- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2001). Assessing understanding in biology. *Journal of Biological Education*, 35(3), 118–124.
- Novak, J. (1984). *Learning how to learn - New strategies for evaluation - concept mapping*. Cambridge: University of Cambridge.
- Novak, J., & Cañas, A. (2008). The theory underlying concept maps and how to construct and use them.
- Rebich, S., & Gautier, C. (2005). Concept mapping to reveal prior knowledge and conceptual change in a mock summit course on global climate change. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 355–365.
- Reinfried, S., Schuler, S., Aeschbacher, U., & Huber, E. (2008). Der Treibhauseffekt - Folge eines Lochs in der Atmosphäre? *Geographie heute*, 265, 24–33.
- Ruiz-Primo, M. A., & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 569–600.
- Sanders, D. L. (2007). Making public the private life of plants: The contribution of informal learning environments. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1209–1228.
- Schultz, P. W. (2001). The Structure of Environmental Concern: Concern for Self, other People, and the Biosphere. *Journal of Environmental Psychology*, 21, 327–339.
- Schultz, P. W. (2002). Inclusion with nature: the psychology of human-nature relations. In P. Schmuck & P. W. Schultz (Hrsg.), *Psychology of sustainable development* (pp. 61–78). Boston: Kluwer Academic.
- Schultz, P. W., & Tabanico, J. (2007). Self, Identity, and the Natural Environment: Exploring Implicit Connections With Nature. *Journal of Applied Social Psychology*, 37(6), 1219–1247.
- Schultz, P. W., Shriver, C., Tabanico, J. J., & Khazian, A. M. (2004). Implicit connections with nature. *Journal of Environmental Psychology*, 24, 31–42.
- Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S., & Charusombat, U. (2009). Seventh grade students' conceptions of global warming and climate change. *Environmental Education Research*, 15(5), 549–570.
- Smith-Sebasto, N. J., & Cavern, L. (2006). Effects of pre- and posttrip activities associated with a residential environmental education experience on students' attitudes toward the environment. *The Journal of Environmental Education*, 37(4), 3–17.
- Stern, M. J., Powell, R. B., & Ardoin, N. M. (2008). What Difference Does It Make? Assessing Outcomes From Participation in a Residential Environmental Education Program. *The Journal of Environmental Education*, 39(4), 31–43.

- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Hrsg.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice* (pp. 147–176). Albany: State University New York Press.
- Wallace, J. D., & Mintzes, J. J. (1990). The concept map as a research tool: exploring conceptual change in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1033–1052.
- Weingart, P., Engels, A., & Pansegrau, P. (2000). Risks of communication: discourses on climate change in science, politics, and the mass media. *Public Understanding of Science*, 9(3), 261–283.
- Willison, J. (2006). *Education for sustainable development: Guidelines for action in botanic gardens*.
- Willison, J., & Green, J. (1994). *Environmental education in botanic gardens: Guidelines for developing individual strategies*. Richmond.
- Wiseman, M., Bogner, F. X. (2003). A higher-order model of ecological values and its relationship to personality. *Personality and Individual Differences*, 34, 783–794
- Wolf, R. (1997). Rating scales. In J. P. Keeves (Hrsg.), *Educational research, methodology, and measurement* (S. 958–965). Oxford [u.a.]: Pergamon.

E. Teilarbeiten

E.1 Publikationsliste

- A Sellmann, D. & Bogner, F. X. (2012)
Education in global climate change in a botanical garden: students' perceptions and inquiry-based learning
In: Leal Filho, W. (Hrsg.) (2012). Climate Change Management. Climate Change and the Sustainable Use of Water Resources. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- B Sellmann, D., Liefländer, A. & Bogner, F. X. (2012)
Concept maps in environmental education: an approach to reveal students' conceptual change
Research in Science Education
(submitted)
- C Sellmann, D. & Bogner, F. X. (2012)
Climate change education: quantitatively assessing the impact of a botanical garden as an informal learning environment
Environmental Education Research
Online first; DOI: 10.1080/13504622.2012.700696
- D Sellmann, D. & Bogner, F. X. (2012)
Effects of a 1-day environmental education program on students' environmental values and connectedness with nature
European Journal of Psychology of Education
Online first; DOI: 10.1007/s10212-012-0155-0

Im Zeitrahmen der Doktorarbeit entstand außerdem folgende Publikation, die nicht Teil meiner Dissertation ist:

Fröhlich, G., Sellmann, D. & Bogner, F. X. (2012)
The influence of situational emotions on the intention for sustainable consumer behaviour in a student-centred intervention
Environmental Education Research
Online first; DOI: 10.1080/13504622.2012.749977

E.2 Darstellung des Eigenanteils

Das den Teilarbeiten A bis D zugrunde liegende Umweltbildungsprogramm und die dazu gehörigen Materialien habe ich auf Basis der theoretischen Grundlagen konzipiert und selbst vor Ort umgesetzt. Dazu wurde das Evaluations-Konzept (Wissenstest, *Concept mapping*, etc.) von mir entwickelt und entsprechend angepasst; sämtliche empirischen Daten wurden von mir erhoben und analysiert. Für die Teilarbeit B fungierte Anne Liefländer bei der qualitativen Inhaltsanalyse als zweite Bewerterin, um eine (*Interrater*-)Objektivität der Auswertung zu gewährleisten; sie ist daher Mitautorin. Alle vier Teilarbeiten wurden von mir als Erstautor konzipiert, verfasst und überarbeitet.

E.3 Teilarbeit A

Sellmann, D. & Bogner, F. X. (2012)

Education in global climate change in a botanical garden: students' perceptions and inquiry-based learning

In: Leal Filho, W. (Ed.). (2012). Climate Change Management. Climate Change and the Sustainable Use of Water Resources. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Education in global climate change in a botanical garden: students' perceptions and inquiry-based learning

Daniela Sellmann and Franz X. Bogner

Abstract

The current global climate change has substantially increased the importance of environmental education. Adolescents are known to have common concepts about global change that are often fragmentary or incorrect. Reinfried et al. (*Geographie heute* 265:24–33, 2008) suggest special learning materials so that students face their own conceptions and are confronted with the correct ones. In our two-day environmental education programme, combining student-centered indoor and outdoor activities in an ecological botanical garden, we implemented specially designed materials to confront students with a common scientifically incorrect conception about the relationship of ozone layer depletion with the greenhouse effect. Other common alternative conceptions about global climate change and the greenhouse effect were not explicitly mentioned in the learning material. We used concept mapping as a tool to reveal conceptions and potential conceptual changes. 25 high-achieving high-school students have taken part in our study so far. Initial results show that conceptions of our participants were quite in line with the literature. We also showed that presentation of information does indeed play an important role in changing students' conceptions. Hence, not only providing the necessary information but also confronting alternative conceptions should be part of any educational material.

E.4 Teilarbeit B

Sellmann, D., Liefländer, A. & Bogner, F. X. (2012)

Concept maps in environmental education: an approach to reveal students' conceptual change

Research in Science Education

Journal Website:

<http://www.springer.com/education+%26+language/science+education/journal/11165>

(submitted)

Concept Maps in Environmental Education: an Approach to reveal Students' Conceptual Change

Daniela Sellmann, Anne Liefländer and Franz X. Bogner

Abstract

Adolescents hold various alternative conceptions on climate change. Concept maps function as useful tools to reveal such conceptions. However, the time-consuming analysis of those maps often prevents application in typical classroom situations. Therefore, we aimed to provide teachers with an appropriate approach to analyse students' concept maps for alternative conceptions and potential conceptual change and, thus, allow teachers to react flexibly to their students' learning needs. We developed a two-day environmental education programme on global climate change which was applied in the Ecological-botanical garden Bayreuth, Germany. Three student-centred learning units were designed to impart knowledge on causes, mechanisms, and impacts of climate change as well as to provide students with ways in which they could act to protect the climate. Altogether, 95 Bavarian students (highest stratification level, 'Gymnasium') aged 15 to 19 participated in the study. Gender was about equally distributed (42.1 % girls). Having reviewed the literature on students' common alternative conceptions on climate change, five common alternative conceptions were included in a concept mapping task which was applied before and after our environmental education programme on global climate change. The students completed the maps in single-sex dyads or triplets. The analyses followed selected parameters (number of alternative concepts, propositions using these concepts, students' conceptions) by employing quantitative as well as qualitative methods. A comparison of pre- and post-maps' sum scores of the parameters unveiled a significant decrease for all observed parameters and, thus, pointed to a conceptual change. Strong correlations between qualitative and quantitative parameters were apparent, subsequently leading to an alternative analysis of those concept maps. This approach is, due to its simple and merely time-consuming handling, applicable in a conventional classroom situation and may inform teachers about students' alternative conceptions. This may help them devise instructional strategies accordingly.

E.5 Teilarbeit C

Sellmann, D. & Bogner, F. X. (2012)

Climate change education: quantitatively assessing the impact of a botanical garden as an informal learning environment

Environmental Education Research

Online first

DOI: 10.1080/13504622.2012.700696

Climate change education: quantitatively assessing the impact of a botanical garden as an informal learning environment

Daniela Sellmann and Franz X. Bogner

Abstract

Although informal learning environments have been studied extensively, ours is one of the first studies to quantitatively assess the impact of learning in botanical gardens on students' cognitive achievement. We observed a group of 10th graders participating in a one-day educational intervention on climate change implemented in a botanical garden. The students completed multiple-choice questionnaires in a pre-post-retention test design. Comparing the test scores revealed a significant short-term knowledge gain as well as a long-term knowledge gain. Consequently, our results show the potentials of botanical gardens as effective learning environments, and for complementing formal school-based learning settings regarding climate change education.

Keywords: environmental education; botanical garden; cognitive achievement; climate change; out-of-school learning

Introduction

Botanical gardens today have multifaceted responsibilities (Schulman and Lehvävirta 2011) (Figure 1). Since the foundation of the first botanical gardens in Europe in the sixteenth century, their activities have constantly expanded: they serve as facilities for research, recreation, and education as well (Kohlleppel, Bradley, and Jacob 2002; Primack and Miller-Rushing 2009; Schulman and Lehvävirta 2011). Within recent years, the global mission for conservation has become increasingly important (Wyse Jackson and Sutherland 2000). Within the Global Strategy for Plant Conservation climate change is considered to be a threat to plant diversity (Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Botanic Gardens Conservation International 2002), thus requiring an adjustment of the traditional main botanical garden tasks to meet the challenge of global climate change (Schulman and Lehvävirta 2011).

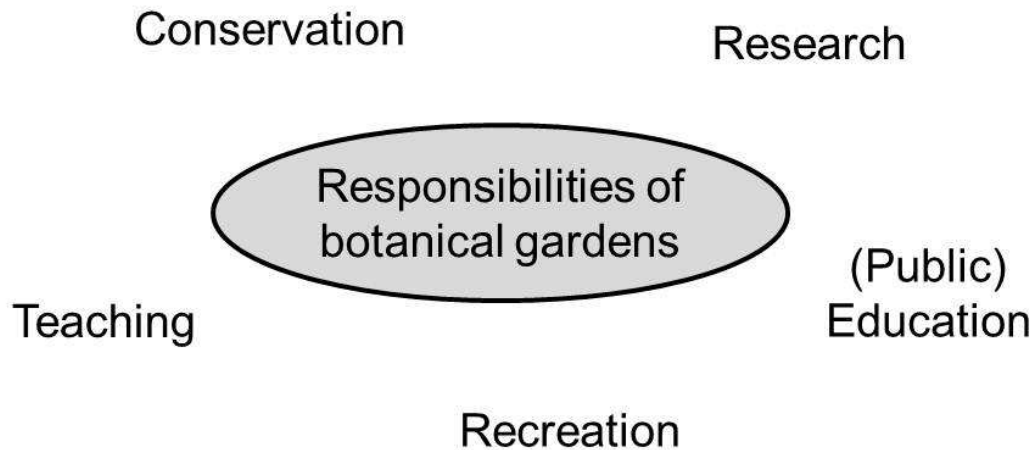


Figure 1. Responsibilities of botanical gardens today (based on Kohlleppel, Bradley, and Jacob 2002; Schulman and Lehvāvirta 2011).

Botanical gardens are valuable institutions in climate change research as they offer a great range of resources such as a diverse flora including invasive species, herbarium specimens, phenological gardens¹ as well as consistent environmental conditions through extensive care (Primack and Miller-Rushing 2009). However, unlike other research facilities, botanical gardens also have an educational mission. Traditionally, botanical garden education approaches focus on imparting factual knowledge about plant species and ecosystems. Environmental education and education for sustainable development have been added later to the repertoire (Michener and Schultz 2002) as an answer to the major anthropogenic changes of the world's ecosystems we are facing. Environmental issues and problems of the twenty-first century (e.g. fair trade, land use, and recycling) are less common in educational programmes than traditional themes (e.g. plant diversity and plant science): the topic of climate change is addressed by only one-third of botanical gardens, as the results of a survey with over 100 botanical gardens show (Kneebone 2007).

Consequently, the Botanic Gardens Conservation International (BGCI) (an organization whose mission is the conservation of threatened plant species worldwide; its members are mostly botanical gardens) considers environmental education, and especially education for sustainable development, to be a main responsibility of botanical gardens (Willison 2006; Willison and Green 1994). With some additional training and professional support, educational staff may provide pedagogical content knowledge (Shulman 1987), serving the huge demand for environmental education. All the current

2500 botanical gardens worldwide (<http://www.bgci.org>, accessed 13 July 2011) receive at least 200 million visitors per year (Oldfield 2010); in Germany, the 100 botanical gardens account for about 20 million visitors per year (<http://www.verband-botanischer-gaerten.de>; accessed 13 July 2011). Among them there are not only free-choice garden visitors, but also many student groups visiting the gardens during the course of a field trip. Those large numbers of visitors account for a high qualitative and high potential impact and, therefore, qualify botanical gardens as very suitable sites for education on environmental issues.

Today, climate change, being one of the most prominent socioscientific issues of our time (Klosterman and Sadler 2010), needs to be addressed through (botanic garden) education. It is important to provide the public with strategies to protect the climate and to educate the general public about the multifaceted and complex phenomenon of climate change, especially its diverse consequences for plants, ecosystems, and human beings. Although the mass media substantially influence the public opinion on climate change, the information provided is sometimes inconsistent; this contributes to the uncertainty of the public concerning this issue and to the formation of scientifically incorrect conceptions (Fortner et al. 2000). Therefore, suitable education programmes are needed to enhance scientific knowledge in order to reduce existing uncertainties (Fortner et al. 2000). The influence of knowledge on attitudes and behavior is controversially discussed. Most authors regard knowledge – to a certain extent – as an influential factor (Kollmuss and Agyeman 2002); by some, knowledge is even considered to be a prerequisite for individual attitude and behavior formation (e.g. Bogner 1998; Kaiser and Fuhrer 2003). Consequently, Stern, Powell, and Ardoin (2008) stated that the two major aims of environmental education programmes are to enhance knowledge and ultimately to positively influence environmental behavior and attitudes towards nature. We consider knowledge as an important factor in a whole set of diverse aspects influencing attitudes and behavior. Considering a competence model for environmental education described by Kaiser, Roczen, and Bogner (2008), the type of knowledge also plays an important role on its influence on attitudes and behavior. While ‘system knowledge’ may only have an indirect influence, ‘action-related knowledge,’ and ‘effectiveness knowledge,’ may directly influence behavior.² Therefore, in our environmental education intervention, we provided students with all three types of knowledge.

Typically, climate change education is conducted in the classroom. There are various studies focusing on students' conceptions about climate change (e.g. Andersson and Wallin 2000; Shepardson et al. 2011) and how these conceptions may be altered through instruction (e.g. Lombardi and Sinatra 2012; Rebich and Gautier 2005). Other researchers compared different instructional approaches for their efficiency in climate change education (e.g. Klosterman and Sadler 2010). At out-of-school settings, climate change, being a threat to species and ecosystems, is often integrated into existing environmental education programmes, rather than addressing the topic in a separate intervention.

Botanical gardens have the expertise to communicate to people of all ages scientific evidence related to climate change. Especially for students, climate change being a global phenomenon is an abstract process and, as such, not easy to understand. This may lead to problems when teaching this complex topic. Botanical gardens allow showing students plant collections and ecosystems from all over the world and, thus, may give them the chance to explore these ecosystems on a small, model scale. Thereby, botanical gardens may serve as a 'window to the world,' allowing to get an understanding of the global relationships of climate change related phenomena. Consequently, the International Agenda for Conservation in Botanic Gardens states that botanic gardens are well placed to '[d]evelop and implement educational and public awareness programmes on climate change and its effects on biodiversity and global sustainability' (Wyse Jackson and Sutherland 2000, 18).

There are few educational studies conducted in botanical gardens (e.g. Conlon Morgan et al. 2009; Michener and Schultz 2002; Stewart 2002; Tunnicliffe 2001) and that is why Sanders (2007, 1209) argues that botanical gardens are an 'underresearched educational context'; empirical studies about climate change education or the cognitive achievement through the participation in botanical gardens' educational programmes, therefore, need further attention. In general, science learning is an important outcome of visits to informal³ learning environments (including botanical gardens) (Anderson, Storcksdieck, and Spock 2007; Bamberger and Tal 2008; Falk and Needham 2011; Falk and Storcksdieck 2010). To assess learning outcomes, evaluation is essential when implementing (environmental) education programmes in out-of-school learning settings such as botanical gardens (Stern, Powell, and Ardoin 2008; Willison and Green 1994). Nevertheless, many environmental education programmes lack a systematic evaluation approach (Carleton-Hug and Hug 2010). Similar to visiting informal, free-choice

learning environments, participating in residential environmental education programmes can lead to short-term affective and cognitive outcomes, but very often the absence of follow-up tests does not allow any conclusions to be drawn about effect persistence (Carleton-Hug and Hug 2010; Rickinson et al. 2004; Stern, Powell, and Ardoin 2008). Limited available resources (time, staff, and budget) may cause this failure to administer follow-up tests. This is also true for botanical gardens. In her survey, Kneebone (2007) showed that although over 70% of the gardens use some kind of evaluation at least sometimes, only one-fifth of them always evaluate their programmes.

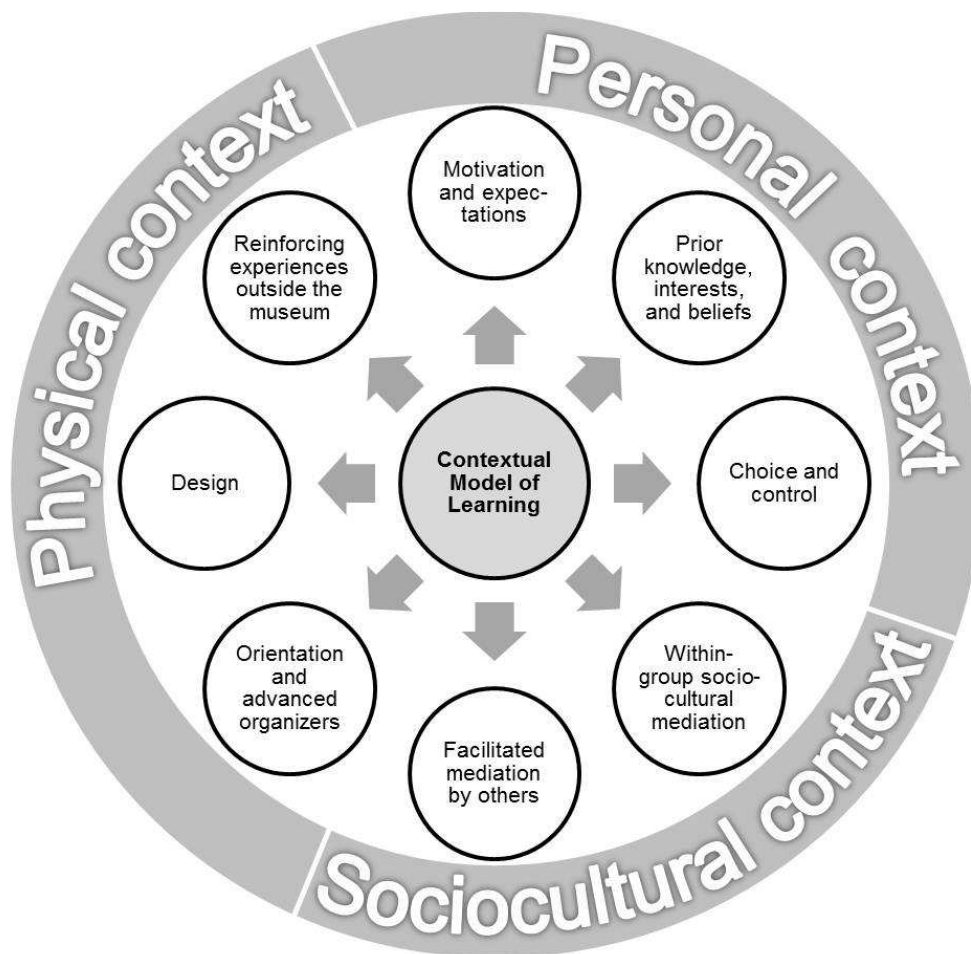


Figure 2. The contextual model of learning (Falk and Dierking 2000).

Typical educational approaches in botanical gardens include guided tours, talks, exhibitions, workshops, and free-choice learning (e.g. self-guided tours and interpretive signs) (see Falk (2005) for a definition⁴), artistic approaches (e.g. poetry, dance, theatre, and music), and many others (Kneebone 2007). Sanders (2007) suggested reviewing the ratio of the formal (educator centered) to more open educational approaches applied in botanical gardens. This suggestion is supported by a study conducted in a natural

history museum revealing that although the students and teachers were highly satisfied with the guided tours in which they participated, few student-centered elements could be observed and little cognitive achievement could be measured (Cox-Petersen et al. 2003). Tal and Morag (2007) came to similar results in a study conducted in four natural history museums; they suggested applying a sociocultural approach in order to give students more time for interactions. Davidson, Passmore, and Anderson (2010) showed that students visiting zoos indeed had a desire to interact socially with their peers. Usually, this is unwanted during guided tours where students are supposed to listen to the guide attentively. Student-centred learning approaches give more space for such social interactions and many activities even require them. Therefore, Falk and Dierking (2000) included a sociocultural factor in their Contextual Model of Learning (Figure 2), which can be used to understand and improve visitors' learning.

Our study followed the suggestions of Schatz (2004 cited in Mortensen and Smart 2007, 1390): we structured the free-choice learning experience within the botanical garden by offering student-centred learning units that are more open than traditional, formal approaches like guided tours, yet are more structured than the experiences in informal learning settings. We focused on the question of whether botanical gardens can serve as effective educational institutions with regard to the issue of climate change. Our objectives therefore were to address the following questions:

- (1) Can participation in a one-day environmental education intervention in a botanical garden enhance students' knowledge on climate change?
- (2) If there is a knowledge gain, will it be persistent over a long period of time?

Materials and methods

Participants

Altogether, 108 Bavarian high school students (of the college preparatory secondary school level, 'Gymnasium') 15–19 years of age participated in our study (as the treatment group). Slightly more female than male adolescents participated (65.74% of the participants were female). All participants came from rural environments in the region of Bayreuth. School classes were selected when teachers were willing to participate with their students and parents gave their permission (opportunity sample). Altogether, students of six classes participated in our study. Unfortunately, the governmental authorities did not allow the collection of extensive demographical data (e.g. access to outdoor environments at home, school grades, and parents' jobs) due to

confidentiality reasons. A group of 37 students (two school classes) of the same age and educational level completed knowledge tests without participating in our environmental education intervention and participated in usual classroom instruction. This test–retest group we judge as necessary in order to exclude possible learning effects caused simply by repeated completion of the knowledge test or by general instruction outside any school environment.

The out-of-school setting

The ecological-botanical garden in question is a research institution of the University of Bayreuth offering space to various research teams. In its public greenhouses and outdoor areas, it displays more than 10,000 plant species from all over the world. In contrast to other, traditional botanical gardens that arrange their plants, for example, according to plant taxonomy (e.g. university or medicinal gardens), the plants of the ecological-botanical garden are grown in habitats simulating their natural environments. This allows visitors not only to view plants' features, but also gives an impression of the environments where these plants naturally grow. In 2010, the garden received about 41,000 visitors altogether, including 88 school groups from kindergarten through high school (Aas 2011) that experienced the educational offerings (mostly guided tours focusing on various topics). Most of the students came within the framework of annual field trips to get an overall impression of the garden. Some groups came already prepared with teachers who explicitly requested guided tours to study specific topics in depth. The garden additionally offers exhibitions, artistic events (readings, concerts) as well as an annual 'Gardeners' Day' providing views behind the scenes and specific expert knowledge. The highlight of the year is the 'Garden Day' which has a different theme each summer. The educational programme of the garden is managed by the full-time staff of the garden with support of volunteers.

The environmental education intervention

Our one-day environmental education intervention comprised of two learning units focusing on global climate change: the first one provided background information about the issue of climate change by learning at workstations, while the second one consisted of more practical activities within the garden. The intervention was designed to be applicable in a daily garden routine. Rather than focusing on the general public that visits the garden, we decided to target school classes visiting the garden during their

compulsory annual field trip day. As explained above, this kind of student groups regularly visits the garden without special focus. We therefore offered an intervention which can be integrated into instruction at school. The intervention complemented the existing tenth-grade curriculum by including comprehensive ecological knowledge and environmental topics in biology and global climate change in geography. We decided for an open learning approach in order to allow students to interact with their peers and educators. Our student centred learning units focused on learning at workstations and on group work as well. Workstations allow students to work independently in their own pace with self-instructional materials; the teacher acts as a supporter rather than being an instructor (Randler et al. 2007; Schaal and Bogner 2005). The activities provided opportunities to the students to learn about the causes, mechanisms, and impacts of climate change, as well as options of how individuals can contribute to climate change mitigation.

The first unit comprised of eight obligatory theoretical workstations as well as one optional workstation with each workstation covering a different topic. The optional workstation was provided for faster working students; its contents were not part of the knowledge test. All workstations were set up simultaneously in the garden's seminar room. Each group of 3–4 students rotated through the workstations, completing the activities of each workstation before moving on to the next. Every student filled in his or her own workbook. The workstations dealt with the following topics related to climate change:

- the greenhouse effect (natural and anthropogenic);
- greenhouse gases (e.g. carbon dioxide and methane);
- climate changes in the history of the Earth: ice cores and dendrochronological analyses;
- the contribution of food production and transportation to carbon dioxide emissions;
- the effects of climate change on ecosystems (by using the example of the food chain interrelations of the Winter Moth [*Opheroptera brumata*], Great Tit [*Parus major*], and Pedunculate Oak [*Quercus robur*]);
- different climate scenarios;
- climate policy: national and international strategies;

- energy saving in everyday life; and the energy balance calculation of the students' homes (optional).

The first unit, which was more theoretically oriented, was followed by a practically oriented second unit. In the second unit, the students received an 'explorer-booklet' and a map indicating different sites in the garden and in the public greenhouses. After locating an indicated site, each group of students used the material provided at the site's workstation to learn more about specific plant species and their ecosystem. Each workstation focused on particular plant species and was located in the area of the gardens where the species is growing. The students needed to work with the plants and the educational material in order to solve tasks concerning the multiple consequences of global climate change on plant species, ecosystems, and eventually, humans. The second unit comprised the following practical workstations:

- 'Tropical!': About the tropics with a special focus on the family of bromeliads (Bromeliaceae) and its adaptations, about deforestation and its causes, and the possible impacts of climate change on the ecosystem.
- 'Playing with fire': Dealing with Australian fire ecosystems as an example for arid ecosystems and how they are affected by climate change. The plants in question are *Banksia* sp. and *Eucalyptus* sp.
- 'The Forest of Tomorrow': Covering the impacts of climate change on the German forests and their meaning for forestry as exemplified by two trees: the European Spruce (*Picea abies*) and Common Beech (*Fagus sylvatica*).
- 'Above the Clouds': Addressing the impacts of climate change on alpine plants and on ski tourism, an important branch of economy in the Alps. Students can choose the plants they are interested in from the garden's alpine section.
- 'More Power!': Introducing the Yellow Ironweed (*Verbesina alternifolia*) as an example for renewable primary products.
- 'Weatherman' (optional): Comparison of the actual temperature and precipitation (as consistently measured by the garden's weather station) with the longterm measurements displayed in a local climate chart.

Both the workbook for use at the theoretical workstations and the explorer booklet for the practical workstations followed the Contextual Model of Learning (Falk and

Dierking 2000) and its eight characteristics with implications for learning (Kisiel 2003) (Figure 2). For example, we provided advanced organizers within the working material to reduce students' insecurity within the unfamiliar environment, or allowed collaborative learning by allowing students to work together in small groups. Subsequent to every unit, we conducted a consolidation phase to allow students to discuss their results with peers and educators as well as to ask any questions in the event of any comprehension difficulties.

Data collection and analysis

A multiple-choice test consisting of 30 items covering the contents of both intervention units (Table 1) measured the students' cognitive achievement. We decided for a quantitative approach for multiple reasons: (1) to assess the knowledge gain of a large sample (Mertens 2010), (2) to interfere as less as possible and avoid influencing participants responses ('nonthreatening' Mertens 2010, 352), and (3) to make the approach easily applicable within the framework of our intervention and for possible further evaluations in the botanical garden.

Table 1 Examples of knowledge test items

Learning unit	Sample questions
Unit 1: Changing climate – in eight stations around the world	Which of the following foods is most harmful for the climate? Apple/Beef steak [correct]/Potato When trees die or burn... CFCs are being emitted./oxygen is being emitted./CO ₂ is being emitted.
Unit 2: Climate change and our vegetation	Which of the following tree species should be planted least in Germany with regard to the climate changes foreseen? Pine/Beech/Spruce [correct] Which effect does climate change have on alpine regions? The tree line is shifting to higher altitudes.[correct]/ Biodiversity is decreasing./Specialized plant species are spreading.

Data collection followed a pre-test–post-test control group design (Mertens 2010, 134–5). The test was applied one week before (T0), immediately after (T1), and 4–6 weeks

after the students participated in the intervention (T2) (Figure 3). To prevent test effects, the order of items and distractors was varied for each test administration. Participants were unaware of any testing schedule.

A control group completed the questionnaires at T0, T1, and T2 without participating in the intervention. For analysis, the students' questionnaires were scored: each correct answer was given a score of one point and each incorrect answer was given a score of zero points. The scores of the individual questionnaire items were summed to give the total score for each questionnaire.

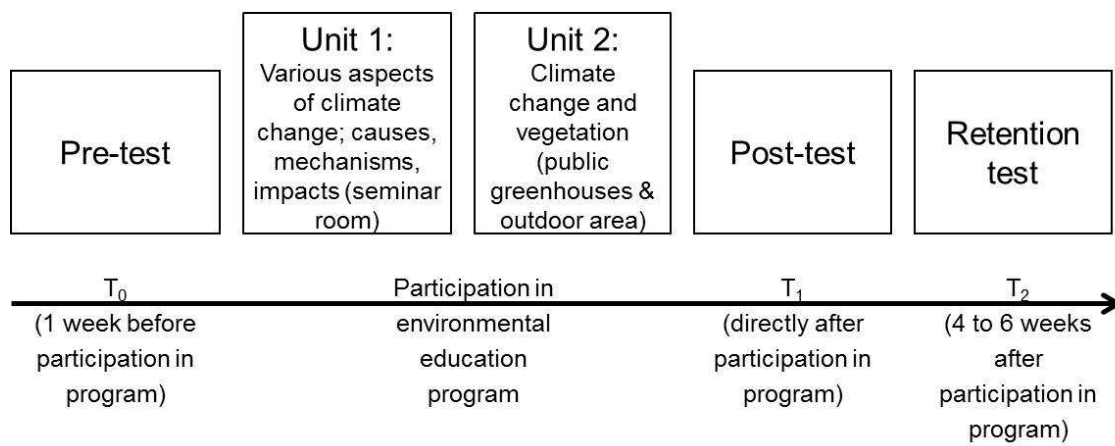


Figure 3. Study design.

The sum scores were analysed using PASW (Predictive Analysis SoftWare) Statistics 18.0. For comparison of the pre-test and post-test scores (short-term), pre-test and retention test scores (long-term), and post- and retention test scores (persistence), we applied the dependent t-test. Furthermore, an intergroup comparison was conducted for each test to be able to exclude effects that might have occurred by chance (Mertens 2010).

We explicitly instructed teachers not to teach their students about climate change within the period between the post- and retention tests.

Results

The implemented knowledge scale showed a high reliability, with Cronbach's $\alpha = .77$. The inner-group comparison of the pre-test and post-test knowledge scores (short-term) (Table 2) revealed a significant increase for the treatment group. Comparing the pre-test and retention test scores (long-term), we observed significantly higher knowledge

scores for the retention test. The post- and retention test scores did not differ (persistence). According to Cohen (1988, 1992 in Field 2009), the effect sizes (r) for short- and long-term knowledge can be rated as ‘medium’ ($.30 > r < .50$) and ‘great effect’ ($r > .50$). For the control group, no effects were found.

Table 2. Inner-group comparison results of the knowledge scores for the treatment group

	$t(107)$	p	r
Short-term	-6.78	< .0001	.55
Long-term	-5.20	< .0001	.45
Persistence	1.59	n. s.	–

Note. Effect sizes are reported only for significant differences. Short-term = pre- vs. post-test; long-term = pre- vs. retention test; persistence = post- vs. retention test; r = effect size; n. s. = not significant.

The intra-group comparison results (Table 3) showed quite similar pre-test knowledge scores for both the treatment group and control group. Nevertheless, the treatment group had higher knowledge scores in the post-test and retention test. The effect sizes can be considered as ‘small’ ($r < .30$).

Table 3. Inter-group comparison results of the knowledge scores for the treatment group and control group

Treatment group vs. control group			
	$t(143)$	p	r
Pre-test	1.03	n. s.	–
Post-test	-2.16	< .05	.18
Retention test	-2.29	< .05	.19

Note. Effect sizes are reported only for significant differences. r = effect size; n. s. = not significant.

No gender effects were found.

Discussion

Knowledge gain

The significant short-term cognitive achievement effect found in our study answered our first research question: a one-day environmental education intervention in a

botanical garden can indeed improve the knowledge level of participants. As the intragroup comparison of the treatment group and the control group showed a similar pre-test knowledge level for both groups, simple test effects can be excluded. Thus, the gain in knowledge can be exclusively attributed to participating in our environmental education intervention. This is an informative result for educators and teachers; especially because there is only limited research on students' learning in botanical gardens (e.g. Stewart 2002). Concerning the knowledge gain, our results are consistent with qualitative studies conducted at various out-of-school learning settings, such as at zoos (Davidson, Passmore, and Anderson 2010), science centres (Falk and Needham 2011), and natural history museums (Bamberger and Tal 2008). All authors of these studies had assessed the cognitive achievement after students visited the particular learning setting. Yet, these studies were based on qualitative data, mainly interviews which allowed a deeper insight into students' minds than quantitative approaches do, but their findings cannot be readily generalized. Climate change education studies conducted at school and university settings also showed positive shifts of knowledge gain and change of students' conceptions after instruction (Klosterman and Sadler 2010; Lombardi and Sinatra 2012; Rebich and Gautier 2005).

Persistency of knowledge gain

Our students' cognitive achievement was persistent over a period of 4–6 weeks, although the effect size was quite small. However, we think that our second research question can be answered in the affirmative. Similar results have been found in studies in other out-of-school learning programmes. A German national park study analysing the effect of participation in a one-day residential environmental education programme on cognitive achievement showed significant positive shifts in students' knowledge that lasted over a period of four weeks (Bogner 1998). Kruse and Card (2004) analysed the self-reported knowledge of adolescents participating in a conservation education camp: although knowledge scores were highest directly after the camp participation, the observed increase was still present one month afterwards compared to the pre-test. In a recent study on an outdoor educational intervention on plants, the students' participating in the intervention had higher knowledge scores compared to a control group experiencing traditional classroom biology lessons. The cognitive achievement was constant even three months after the students' participation (Fančovičová and Prokop 2011).

Although similar to the studies mentioned, our results were surprising with regard to long-term cognitive achievement, because one would expect students to ‘lose’ at least some part of what they have learned as in most other studies. However, a science centre education intervention on the topic of salt also produced a persistent knowledge gain that was stable over a period of six weeks (Meissner and Bogner 2011). In both studies, ours and the aforementioned, the methodological design of the learning units presumably had a positive influence on learning outcome. The student-centered approach gives participants the possibility to interact socially with their peers. This aspect seems to be an important factor with regard to science learning in informal learning settings (Cox-Petersen et al. 2003; Davidson, Passmore, and Anderson 2010; Falk and Dierking 2000). Nevertheless, there is a wide range of factors influencing learning in out-of-school settings (Falk 2004) and we may not fully understand which combination of factors has led to our participants’ great learning success. Yet, we assume the careful design of our environmental education intervention, which was based on recent findings of researchers in the field, to play an important role.

Limitations

We did not implement any pre-visit or post-visit activities related to our intervention. This was necessary to be able to attribute the measured effects exclusively to the students’ participation in the intervention. In a real setting, of course, it would be preferable to include participation in an environmental education intervention in a more extensive teaching unit. The visit to the botanical garden may serve as an introduction or a central part or a highlight at the end of the unit. Additional teaching activities before and after participation have been shown to enhance the outcomes of an environmental education programme (Smith-Sebasto and Cavern 2006). Stern, Powell, and Ardoin (2008) analysed the outcomes of a residential education programme for high school students in a national park. They showed that knowledge scores were positively correlated with the degree of pre-visit preparation. Therefore, we assume that the students’ cognitive achievement could be even higher if our climate change education intervention was complemented with additional teaching units before and after. This would certainly be the case if the intervention was applied in a setting without limitations due to our study design.

We decided for a quantitative approach for reasons explained above. However, the quantitative character of our data collection does not allow any precise conclusions

about the factors that influenced students' knowledge gain and retention. Additional research with a smaller sample applying qualitative methods such as interviews could give more insights into this aspect. This assumption is reflected by the increase of qualitative and mixed-method approaches in outdoor education research (Rickinson et al. 2004).

School trips to out-of-school learning settings like botanical gardens often last only one day; that is why we have designed our intervention accordingly. Residential environmental education programmes, however, have a more positive impact on cognitive achievement over longer intervention periods. Stern, Powell, and Ardoin (2008), for instance, compared the outcomes of three- and five-day interventions conducted in a national park and found an enhanced cognitive outcome in the longer programme. Although our results were promising, we assume that a longer intervention duration might have led to an even higher knowledge gain. Yet, a longer duration might cause difficulties with school schedules and participation might only be possible during special project phases and thus require even more commitment of teachers and educators.

Today, botanical gardens all over the world face the challenge of climate change and are engaged in educational programmes to inform the public about this ever increasing threat (Willison 2008). Yet, due to the limited number of empirical studies in botanical gardens, a thorough comparison of our results with similar studies up to now remains incomplete. Still, we assume the transferability of our results to similar gardens as studies in various out-of-school learning environments have shown similar outcomes. Botanical gardens have proven to be effective educational institutions concerning environmental education and the topic of climate change. The application of student-centered learning approaches in botanical gardens is a valuable way to contribute to climate change education and can add to the informal learning opportunities of these facilities.

Among others, the aim of environmental education programmes is to enhance knowledge and, in the end, positively influence attitudes and behaviors (Stern, Powell, and Ardoin 2008). The ecology-specific competence model of Kaiser, Roczen, and Bogner (2008) considers knowledge to directly influence conservation performance. Furthermore, knowledge is seen to be a base for the formation of ecological behavior (Kaiser and Fuhrer 2003). Actually, the increase of high school students' knowledge and attitude scores after an environmental science course correlated significantly

(Campbell Bradley, Waliczek, and Zajicek 1999). Accordingly, the knowledge gained through participating in our intervention may serve as a base for the formation of climate-friendly attitudes and behaviors. We have evaluated these aspects in our study as well and the results will be presented elsewhere.

Implications for teaching and conclusions

‘It is imperative to share the results of EE [environmental education] evaluations, both to inform the evaluation field and practitioners of EE’ (Carleton-Hug and Hug 2010, 163). The results of our study may be helpful to educators and teachers interested in visiting one of these botanical facilities with their students. Although our study was limited to one specific garden and one selected intervention, we assume similar outcomes for similar environmental or climate change interventions. Each botanical garden is differently structured and displays different plant species, yet they mostly provide similar facilities and opportunities. Botanical gardens therefore not only contribute to climate change research, but they also may effectively educate adolescents (and adults) about this important socioscientific issue. By doing so, botanical gardens meet the requirements of the Global Strategy for Plant Conservation and the International Agenda for Botanic Gardens in Conservation.

The environmental education on climate change in botanical gardens cannot substitute for classroom instruction. It may provide a valuable addition to classroom instruction if the content is already addressed in the syllabi. If not, botanical gardens may even serve as the only suitable source of knowledge for students as it was the case in our study. Botanical gardens provide ideal preconditions for climate change education as they offer the opportunity to combine the biological and geographical aspects of the issue.

In summary, we assume botanical gardens to be ideal sites for environmental education on global climate change and our results indicate that they are as effective as other out-of-school settings.

Notes

1. Phenological gardens are used to determine climate induced changes in the phenology of plant species. Phenological stages that are observed are, for example, beginning of flowering or leaf fall. There are several projects connecting phenological gardens from different global regions (e.g. International Phenological Gardens, Global Monitoring Program).

2. System knowledge comprises basic knowledge about a certain topic, e.g. climate change (The production of energy through burning of fossil fuels leads to greenhouse gas emissions.). Action-related knowledge concerns the available behavioural options (Energy saving is a way to reduce greenhouse gas emissions and helps mitigate climate change.). Effectiveness knowledge qualifies to assess how effective a behaviour might be (The use of energy-saving lamps needs five times less energy than that of an electric bulb.).
3. Within this paper, we refer to nonschool learning environments as ‘informal.’
4. ... the term *free-choice* learning is used to refer to the type of learning that occurs when individuals exercise significant choice and control over their learning. Free-choice learning typically, but not necessarily, occurs outside schools (Falk 2005, 270).

Notes on contributors

Daniela Sellmann is a PhD student at the University of Bayreuth working on climate change education in a botanical garden supervised by Franz X. Bogner.

Franz X. Bogner is a full professor since 1997. His special research field is science and environmental education: (1) attitude measurement – independently confirmed, now in a worldwide usage; (2) knowledge structure within EE; and (3) behavior scale (coop. with F. Kaiser).

References

- Aas, G. 2011. *Ökologisch-Botanischer Garten: Jahresbericht 2010*. Bayreuth.
- Anderson, D., M. Storcksdieck, and M. Spock. 2007. Understanding the long-term impacts of museum experiences. In *In principle, in practice: Museums as learning institutions*, ed. J. H. Falk, L. D. Dierking, and S. Foutz, 197–216. Lanham: AltaMira Press.
- Andersson, B., and A. Wallin. 2000. Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO₂ emissions and the problem of ozone layer depletion. *Journal of Research in Science Teaching* 37 (10): 1096–111.
- Bamberger, Y., and T. Tal. 2008. Multiple Outcomes of Class Visits to Natural History Museums: The Students' View. *Journal of Science Education and Technology* 17, no. 3:274–84.

- Bogner, F. X. 1998. The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspective. *The Journal of Environmental Education* 29, no. 4:17–29.
- Campbell Bradley, J., T. M. Waliczek, and J. M. Zajicek. 1999. Relationship Between Environmental Knowledge and Environmental Attitude of High School Students. *The Journal of Environmental Education* 30, no. 3:17–21.
- Carleton-Hug, A., and J. W. Hug. 2010. Challenges and opportunities for evaluating environmental education programs. *Evaluation and Program Planning* 33, no. 2:159–64.
- Conlon Morgan, S., S. L. Hamilton, M. L. Bentley, and S. Myrie. 2009. Environmental education in botanic gardens: Exploring Brooklyn Botanic Gardens's project Green Reach. *The Journal of Environmental Education* 40, no. 4:35–52.
- Cox-Petersen, A. M., D. D. Marsh, J. Kisiel, and L. M. Melber. 2003. Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a museum of natural history. *Journal of Research in Science Teaching* 40, no. 2:200–18.
- Davidson, S. K., C. Passmore, and D. Anderson. 2010. Learning on Zoo Field Trips: The Interaction of the Agendas and Practices of Students, Teachers, and Zoo Educators. *Science Education* 94, no. 1:122–41.
- Falk, J. H. 2004. The director's cut: Toward an improved understanding of learning from museums. *Science Education* 88:83–96.
- Falk, J. H. 2005. Free-choice environmental learning: framing the discussion. *Environmental Education Research* 11, no. 3:265–80.
- Falk, J. H., and L. Dierking. 2000. *Learning from museums: visitor experiences and the making of meaning*. Walnut Creek: Alta Mira Press.
- Falk, J. H., and M. D. Needham. 2011. Measuring the impact of a science center on its community. *Journal of Research in Science Teaching* 48, no. 1:1–12.
- Falk, J. H., and M. Storksdieck. 2010. Science Learning in a Leisure Setting. *Journal of Research in Science Teaching* 47, no. 2:194–212.

- Fančovičová, J., and P. Prokop. 2011. Plants have a chance: outdoor educational programmes alter students' knowledge and attitudes towards plants: Environmental Education Research. *Environmental Education Research* 17, no. 4:537–51.
- Field, A. P. 2009. *Discovering statistics using SPSS: (and sex and drugs and rock 'n' roll)*. 3rd ed. London: Sage.
- Fortner, R. W., J.-Y. Lee, J. R. Corney, S. Romanello, J. Bonnell, B. Luthy, C. Figuerido, and N. Ntsiko. 2000. Public Understanding of Climate Change: Certainty and willingness to act. *Environmental Education Research* 6, no. 2:127–41.
- Kaiser, F. G., and U. Fuhrer. 2003. Ecological behaviour's dependency on different forms of knowledge. *Applied Psychology: an International Review* 52, no. 4:598–613.
- Kaiser, F. G., N. Roczen, and F. X. Bogner. 2008. Competence formation in environmental education: advancing ecology-specific rather than general abilities. *Umweltpsychologie* 12, no. 2:56–70.
- Kisiel, J. F. 2003. Teachers, museums and worksheets: A closer look at learning experience. *Journal of Science Teacher Education* 14, no. 1:3–21.
- Klosterman, M. L., and T. D. Sadler. 2010. Multi-level assessment of scientific knowledge gains associated with socioscientific issues-based instruction. *International Journal of Science Education* 32, no. 8:1017–43.
- Kneebone, S. 2007. A global snapshot of botanic garden education provision - 2006. http://www.bgci.org/education/global_snapshot_edu_provis.
- Kohlleppel, T., J. C. Bradley, and S. Jacob. 2002. A walk through the garden: Can a visit to a botanic garden reduce stress? *Horttechnology* 12, no. 3:489–92.
- Kollmuss, A., and J. Agyeman. 2002. Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behaviour? *Environmental Education Research* 8, no. 3:239–60.
- Kruse, C. K., and J. A. Card. 2004. Effects of a Conservation Education Camp Program on Campers' Self-Reported Knowledge, Attitude, and Behavior. *The Journal of Environmental Education* 35, no. 4:33–45.

- Lombardi, D., and G. Sinatra. 2012. College Students' Perceptions About the Plausibility of Human-Induced Climate Change. *Research in Science Education* 42 (2): 201–17
- Meissner, B., and F. Bogner. 2011. Enriching Students' Education Using Interactive Workstations at a Salt Mine Turned Science Center. *Journal of Chemical Education* 88, no. 4:510–15.
- Mertens, D. M. 2010. *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*. 3rd ed. Los Angeles: Sage.
- Michener, D. C., and I. J. Schultz. 2002. Through the garden gate: Objects and informal education for environmental and cultural awareness in arboreta and botanic gardens. In *Perspectives on object-centered learning in museums*, ed. Scott G. Paris, 95–111. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mortensen, M. F., and K. Smart. 2007. Free-choice worksheets increase students' exposure to curriculum during museum visits. *Journal of Research in Science Teaching* 44:1389–414.
- Oldfield, S. 2010. Plant conservation, botanic gardens and the International Agenda. In *Proceedings of the 4th Global Botanic Gardens Congress*, ed. Botanic Gardens Conservation International.
- Primack, R. B., and A. J. Miller-Rushing. 2009. The role of botanical gardens in climate change research. *New Phytologist* 182, no. 2:303–13.
- Randler, C., S. Baumgärtner, H. Eisele, and W. Kienzle. 2007. Learning at Workstations in the Zoo: A Controlled Evaluation of Cognitive and Affective Outcomes. *Visitor Studies* 10, no. 2:205–16.
- Rebich, S., and C. Gautier. 2005. Concept mapping to reveal prior knowledge and conceptual change in a mock summit course on global climate change. *Journal of Geoscience Education* 53 (4): 355–65.
- Rickinson, M., J. Dillon, K. Teamey, M. Morris, M. Y. Choi, D. L. Sanders, and P. Benefield. 2004. A review of research on outdoor learning.

- Sanders, D. L. 2007. Making public the private life of plants: The contribution of informal learning environments. *International Journal of Science Education* 29, no. 10:1209–28.
- Schaal, S., and F. X. Bogner. 2005. Human visual perception - learning at workstations. *Journal of Biological Education* 40, no. 1:32–37.
- Schulman, L., and S. Lehvävirta. 2011. Botanic gardens in the age of climate change. *Biodiversity and Conservation* 20, no. 2:217–20.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity, and Botanic Gardens Conservation International. *Global strategy for plant conservation*. 2002. Quebec, Richmond, Surrey.
- Shepardson, D., D. Niyogi, S. Choi, and U. Charusombat. 2011. Students' conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change. *Climatic Change* 104 (3-4): 481–507.
- Shulman, L. S. 1987. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review* 57, no. 1:1–21.
- Smith-Sebasto, N. J., and L. Cavern. 2006. Effects of pre- and posttrip activities associated with a residential environmental education experience on students' attitudes toward the environment. *The Journal of Environmental Education* 37, no. 4:3–17.
- Stern, M. J., R. B. Powell, and N. M. Ardoin. 2008. What Difference Does It Make? Assessing Outcomes From Participation in a Residential Environmental Education Program. *The Journal of Environmental Education* 39, no. 4:31–43.
- Stewart, K. 2002. What learning? What theory? In *Proceedings of the 5th International Congress on Education in Botanic Gardens, Sydney, Australia 2002*.
- Tal, T., and O. Morag. 2007. School visits to natural history museums: Teaching or enriching? *Journal of Research in Science Teaching* 44, no. 5:747–69.
- Tunnicliffe, S. D. 2001. Talking about plants - comments of primary school groups looking at plant exhibits in a botanical garden. *Journal of Biological Education* 36, no. 1:27–34.

Willison, J. 2006. *Education for sustainable development: Guidelines for action in botanic gardens*.

Willison, J. 2008. If you can't stand the heat - get into the garden. *Roots* 5, no. 1:2–4.

Willison, J., and J. Green. 1994. *Environmental education in botanic gardens: Guidelines for developing individual strategies*. Richmond.

Wyse Jackson, P. S., and L. A. Sutherland. 2000. *International agenda for botanic gardens in conservation*. Richmond [England]: Botanic Gardens Conservation International.

Web-based resources

Botanic Gardens Conservation International retrieved from <http://www.bgci.org>, accessed July 13, 2011.

Verband botanischer Gärten Deutschland e.V. [German Botanical Gardens Association], retrieved from <http://www.verband-botanischer-gaerten.de> on July 13, 2011.

E.6 Teilarbeit D

Sellmann, D. & Bogner, F. X. (2012)

Effects of a 1-day environmental education program on students' environmental values and connectedness with nature

European Journal of Psychology of Education

Online first

DOI: 10.1007/s10212-012-0155-0

Effects of a one-day environmental education intervention on environmental attitudes and connectedness with nature

Daniela Sellmann and Franz X. Bogner

Abstract Besides cognitive learning effects, short-term environmental education (EE) is often regarded as ineffective in intervening with participants' environmental attitudes and behaviour. However, in Germany, school classes often participate in such 1-day EE programmes because they better match the school curriculum in contrast to longer (residential) programmes. We therefore monitored a 1-day outreach EE programme on global climate change to reveal whether environmental attitudes and/or connectedness with nature of tenth graders are affected. Students from German high schools (college preparatory secondary school level, 'Gymnasium') (N0114) from age 14 to 19 participated in the programme (treatment group). It consisted of two student-centred learning units on the topic of climate change. Additionally, we chose a control group of students who did not participate in the programme. To measure students' environmental attitudes and connectedness with nature, we administered the Two Major Environmental Values (2-MEV) and the Inclusion of Nature in Self scale in a pre-, post- and retention test design. The pre-test was administered 1 week before, the post-test directly after and the retention test 4 to 6 weeks after programme participation. Analyses revealed a positive long-term effect only for utilitarian values (one of the two major environmental factors of 2-MEV) which decreased significantly. Therefore, depending on the programme's content, short-term EE programmes indeed may have an influence on participants' environmental attitudes.

Keywords Attitudes . Environmental values . Environmental education . Botanical garden . Climate change

Introduction

In times of global climate change, the importance of environmental education (EE) becomes more and more evident. While this global threat needs intensive research in order to cope with the resulting major problems, a consistent transfer and ‘translation’ of scientific facts and research results to the general public, including school children and adolescents, is an equally important challenge. As global climate change is a very complex phenomenon and vast information is omnipresent in our media, people of all age groups often feel uncertainty about this topic (Bord et al. 2000; Fortner et al. 2000). This underlines the need for appropriate educational approaches where educators must keep in line with the fastgrowing research body. Out-of-school learning settings often have closer and more authentic contacts to new research issues than conventional classrooms. Therefore, besides offering ideal educational conditions via first-hand experiences, such outreach settings might well support teaching climate change (Stern et al. 2008). Within this context, besides functioning as research institutions, botanical gardens are aware of their educational role and consider environmental education as one of their main functions (Willison 2006; Willison and Green 1994); still, biology education within this context is an under-researched field (Sanders 2007).

Typical aims of environmental education programmes are to (persistently¹) enhance knowledge and environmental attitudes and, in the very end, to foster environmentally friendly behaviour. Knowledge and environmental attitudes are regarded to serve as an essential base for environmentally friendly behaviour (Byrka et al. 2010; Kaiser et al. 2008). In their competence model for environmental education, Kaiser et al. (2008) state that the type of knowledge plays an important role on its influence on environmental behaviour. While ‘system knowledge’ may only have an indirect influence, ‘action-related knowledge’ and ‘effectiveness knowledge’ may directly influence behaviour.² Environmental attitudes seem to directly influence pro-environmental behaviour: studies found attitudes to have varying impact on behaviour (e.g. Kollmuss and Agyeman 2002). Many studies have proven the ability of outdoor education programmes to positively influencing environmental attitudes (e.g. Bogner 1998; Bogner and Wiseman 2004; Fančovičová and Prokop 2011; Johnson and Manoli 2011; Kruse and Card 2004).

By offering a first-hand experience and enjoyable experiences in nature, EE programmes at outdoor learning settings may not only affect knowledge and environmental attitudes but could also influence a person's degree of connectedness

with nature. While environmental knowledge can be imparted at both school and out-of-school learning settings, a connection to nature may be enhanced when having a direct (and authentic) contact to it (Chawla and Cushing 2007), simultaneously addressing the affective domain. Schultz (2002) described the human–nature relationship as an inclusion of nature in the self and defined it as the degree to which a person feels nature to be a part of his/her self. As our contact with nature nowadays is often small, an intervention specifically fostering connectedness with nature may be an answer. Connectedness to nature should, therefore, be one of the aims of EE (Ernst and Theimer 2011). Actually, such a positive influence on connectedness with nature has been repeatedly described (e.g. Schultz and Tabanico 2007; Stern et al. 2008). Consequently, Kaiser et al. (2008) integrated connectedness with nature into their competence model which was specifically designed to monitor environmental education outcomes (Fig. 1) by considering perceived connectedness with nature as having a positive influence on individual environmental behaviour.

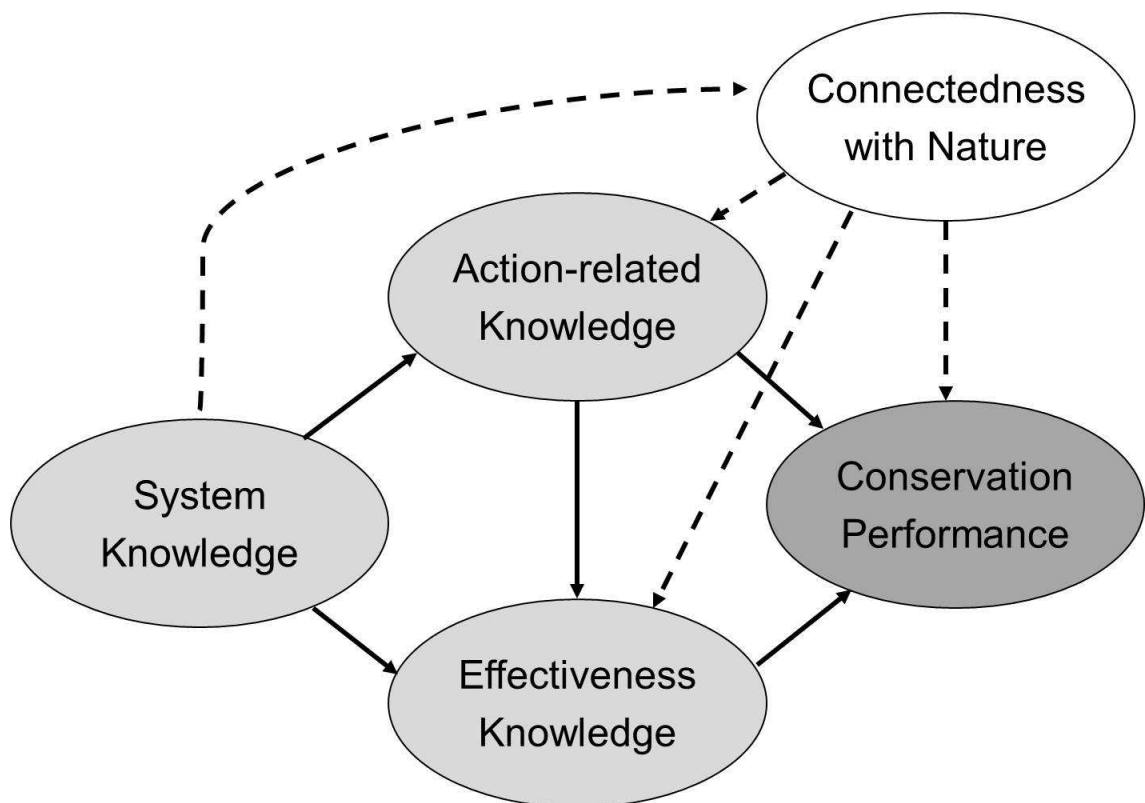


Fig. 1 Competence model for environmental education (based on Kaiser et al. 2008). Solid arrows indicate empirically established effects, whereas dashed arrows indicate hypothetical but possible effects

One important aspect influencing outcomes of EE programmes, whether environmental attitudes or connectedness with nature, seems to be the length of intervention (Rickinson 2001; Zelezny 1999). This is especially true for environmental attitudes: While 1-day EE programmes often have no long-term effects on environmental attitudes (e.g. Bogner 1998; Stern et al. 2008), programmes with longer duration may lead to positive effects: Bogner (1998), for instance, described positive shifts in students' environmental attitudes on 'Preservation' and 'Utilisation' subscales caused by participation in a 5-day field trip programme. Changes were persistent over a period of 6 months; within Bogner's study (1998), a 1-day version of the programme produced selective shifts only in some 'Utilisation' subscales. Similar effects on participants' environmental attitudes were reported from a residential EE programme (Stern et al. 2008). Consequently, repeated or long-term implementations may ensure persistent effects which eventually may last for life. Nonetheless, residential EE programmes often produce severe problems in school schedules: Densely packed curricula often do not allow out-of-school experiences exceeding single annual field days. Thus, discrepancies between EE recommendations and reality in practice exist. Our study followed two research questions: (1) Does participation in a 1-day EE programme effectively influence students' environmental attitudes and connectedness with nature? (2) What effect has students' degree of connectedness with nature on their environmental attitudes?

Materials and methods

Participants

In our study, a group of Bavarian high school students (of the college preparatory secondary school level, 'Gymnasium'), 15 to 19 years of age, participated as the treatment group. For statistical reasons, just complete tests were analysed (N0114). Slightly more female than male adolescents participated (65.91 % of the participants were female). A control group of 37 students (of similar age group and educational level) completed the same multiple-choice tests as the treatment group without participating in our EE programme.

The EE programme

We developed a 1-day EE programme on the topic of global climate change which was conducted in an ecological-botanical garden. It displays more than 10,000 plant species from all over the world (native and non-native) in public greenhouses and an outdoor area. In contrast to other traditional botanical gardens that arrange their plants, for example, according to plant taxonomy (e.g. university or medicinal gardens), the plants of the ecological-botanical garden are grown in habitats simulating their natural environments. This not only allows visitors to view plants' features but also gives an impression of the environments where these plants grow in the wild. Although maintained, plants may spread naturally within their assigned area of the garden. The EE programme comprised of two separate student-centred learning modules. The first one, more theoretically oriented, consisted of eight obligate and one optional workstation and was conducted within the garden's seminar room. Participants worked in small groups (of up to four), with an own workbook each. At the workstations, various learning materials were provided and students had to solve tasks according to their workbook. The aim of the module was to enhance students' knowledge about causes, mechanisms and impacts of climate change. The workstations dealt with natural and anthropogenic greenhouse effect, the influence of food production on greenhouse gas emissions, climate modelling, climate policy, energy saving in daily life, effects of climate change on ecosystems, climate changes in earth's history, and the greenhouse gases in general.

The second, more practically oriented outreach module was conducted in the garden's public greenhouses and outdoor area where students had direct contact with the plants and could experience the nature-oriented habitats. Again, students worked in small groups, and every group was provided with an 'explorer booklet' and a map of the garden indicating the sites with the provided educational materials. Students could explore how climate change affects selected plants and ecosystems around the world. Five topics were part of the module: tropical rainforest (threat by deforestation and climate change), effects of climate change on Australia's fire ecosystems, climate change and its meaning for German forestry, effects of climate change on alpine ecosystems and economy (ski tourism), and renewable primary products as a means to reduce burning of fossil fuels. For each of these topics, one specific plant species was chosen as a representative model in order to particularly illustrate effects of global

climate change. After a module's completion, students discussed their results with their peers (and the teacher as well), thus consolidating what was learned.

Empirical instruments

Two instruments were administered within our study: The Two Major Environmental Values Scale (2-MEV) assesses adolescent environmental attitudes by covering two opposing domains, preservation and utilisation. Measuring environmental attitudes has a long tradition, and various models have been developed to estimate the influence of attitudes and other factors on environmental behaviour (Kollmuss and Agyeman 2002). However, Leeming and others (1993, 1995, cited in Bogner and Wiseman 2006, p. 248) could show that there were no instruments specifically developed to measure adolescents' attitudes at that time. Therefore, starting from the 1990s, Bogner and Wiseman (1999, 2002, 2004, 2006) worked on the development and refinement of an adequate instrument to measure adolescents' environmental attitudes. Finally, a simple to apply two-factor structure of the 2-MEV model was extracted to tap the complex environmental attitudes. The preservation factor covers preferences standing for a biocentric, nature-oriented lifestyle wherein human beings are regarded as an integral part of nature, depending on it. The other, utilisation, describes preferences of anthropocentric worldviews where human beings dominate nature by using/overusing it for resource exploitation. During the last decade, this model was independently retested and repeatedly confirmed by three research groups around the world: Milfont and colleagues in New Zealand (Milfont and Duckitt 2004), Johnson and colleagues in the USA (Johnson and Manoli 2011), as well as Boeve-de Pauw and colleagues in Belgium (Boeve-de Pauw and van Petegem 2011). The 2-MEV scale originally consists of 20 items, ten items for each factor (Bogner and Wiseman 2006). Due to test limitations, we applied the 16 highest loading items on each higher-order factor (Bogner and Wiseman 2006) (Table 1) (see “Results” section for Cronbach's alpha scores). Item examples were, for instance, ‘It upsets me to see the countryside taken over by building sites’ [preservation] or ‘We need to clear forests in order to grow crops’ [utilisation]); the response pattern followed a 5-point Likert scale (1 = I totally disagree, 5 = I totally agree). A nature-oriented person would, therefore, score high in preservation and low in utilisation. One inversely formulated item was recoded before analyses (‘Society will continue to solve even the biggest environmental problems.’).

Table 1 List of items of the Two Major Environmental Values Model (2-MEV) used in this study.

Preservation
It upsets me to see the countryside taken over by building sites.
I enjoy trips to the countryside.
Humankind will die out if we don't live in tune with nature.
Society will continue to solve even the biggest environmental problems.
Sitting at the edge of a pond watching dragonflies in flight is enjoyable.
I save water by taking a shower instead of a bath (in order to spare water).
I always switch the light off when I don't need it.
We must set aside areas to protect endangered species.
Utilisation
Worrying about the environment often holds up development problems.
We need to clear forest in order to grow crops.
Our planet has unlimited resources.
Nature is always able to restore itself.
We must build more roads so people can travel to the countryside.
Only plants and animals of economical importance need to be protected.
Humans have the right to change nature as they see fit.
People worry too much about pollution.

The second instrument administered was the Inclusion of Nature in Self (INS) scale (Schultz 2001) consisting of one graphical item with two overlapping circles (Fig. 2) representing nature and the self. Students had to decide between seven circle patterns with different degrees of overlapping. The more the circles overlap, the higher is the feeling of being connected with nature. Scoring ranged from 1 (circles do not overlap) to 7 (circles overlap completely). Although subject to several limitations, the INS scale is an appropriate tool to measure connectedness with nature (Schultz et al. 2004). For data collection, we used a paper–pencil test following a pre-, post- and retention test design. The pre-test (T1) was administered 1 week before, the post-test (T2) 1 week after and the retention test (T3) 4 to 6 weeks after programme participation.

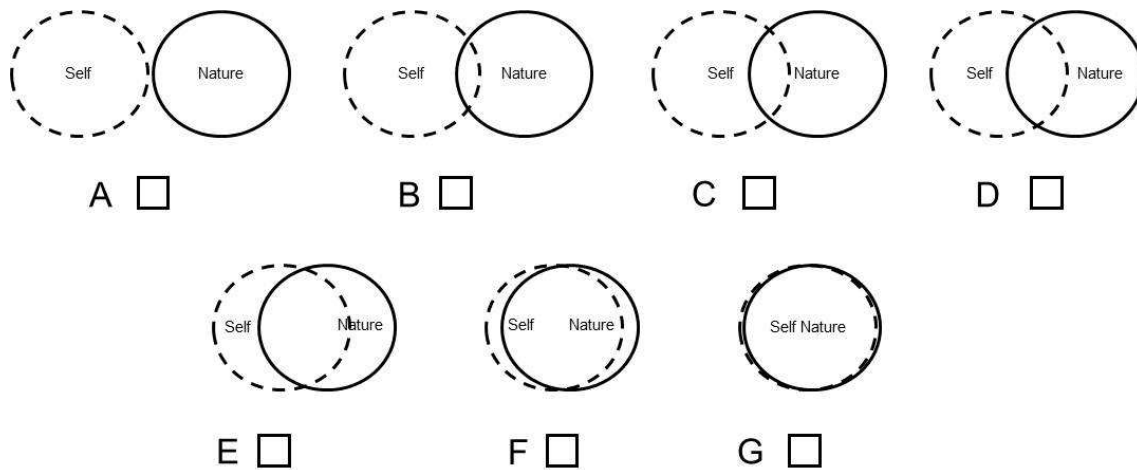


Fig. 2 Inclusion of Nature in Self (INS) scale (based on Schultz 2002)

Analyses

Despite previous confirmation (Bogner 1999; Johnson and Manoli 2011; Schultz et al. 2004), we analysed both scales for reliability by calculating Cronbach's α . Subsequently, sum scores of 2-MEV items were calculated for each of the two factors (preservation and utilisation) obtaining scores from 8 to 40 for each subscale. Due to non-normal distribution, we applied a Wilcoxon signed-rank test for revealing possible effects caused by programme participation. Pearson's correlation was used to detect relationships between both scales, that is, to detect whether the degree to which a student feels connected with nature is related to his or her attitudes towards nature or the other way round.

Results

The reliability of the preservation and utilisation subscales scored with a Cronbach's α of .84 for each of the subscales. As the INS scale is a one-item scale, the three test applications were treated as three items and yielded a (high) Cronbach's α of .93. This is in line with test-retest reliabilities of Schultz et al. (2004).

First, we analysed the data of both scales, for possible changes during the course of the study (Table 2). The preservation scores increased significantly from pre-test T1 (mean = 30.42) to post-test T2 (mean = 31.19) but decreased again in the retention test T3 (mean = 30.98). For utilisation scores, a decrease could be measured which was persistent over a period of 4 to 6 weeks (mean (T1) = 17.82; mean (T2) = 16.34; mean

(T3) = 17.06). Students' INS scores significantly increased directly after programme participation levelling back again to initial scores after a period of 4 to 6 weeks. Correlation analyses consistently revealed strong positive relationships between INS scores and preservation scores for all three time points, with Pearson's coefficients ranging from .44 to .63 ($p < .01$). Utilisation scores were negatively correlated with INS scores, with (Pearson's coefficients ranging from $-.35$ to $-.27$; $p < .01$). This suggests that the degree to which a person feels connected with nature is related to his or her environmental attitudes. A negative correlation of INS with utilisation and a positive correlation with preservation is a result which would be expected.

Table 2 Effects of programme participation on students' environmental values and connectedness with nature.

	INS			Preservation			Utilization		
	Z(114)	<i>p</i>	<i>r</i>	Z(114)	<i>p</i>	<i>r</i>	Z(114)	<i>p</i>	<i>r</i>
T1-T2	-3.816	<.0001	-.36	-3.816	<.0001	-.36	-4.163	<.0001	-.39
T2-T3	-2.254	<.05	-.21	-2.327	<.05	-.22	-1.428	n. s.	---
T1-T3	-1.244	n. s.	---	-1.637	n. s.	---	-2.183	<.05	-.20

Note. T1-T2 indicates short-term effects, T2-T3 indicates long-term effects, T1-T3 indicates persistency of effects; n. s. indicates 'not significant'

Discussion

The scores for both scales, the INS and the 2-MEV scale, showed a favourable change (i.e. an increase of preservation and INS scores and a decrease of the utilisation scores) directly after programme participation. This observed positive short-term effect is in complete line with previous studies. One-day EE programmes were assumed to attain no persistent effects within this context. However, our study produced a positive persistent effect even for such a programme length. Nevertheless, changes were inconsistent: The shift in connectedness with nature did not prevail over a period of 4 to 6 weeks. A possible pre-test effect can be excluded as there were no changes reported

within the control group. Schultz et al. (2004) explained ‘an individual's implicit connection with nature is more stable across time than explicit measures because it is not affected by memory, it is not concealable or influenced by response bias, and it is less affected by day-to-day experiences’ (Schultz et al. 2004, p. 39). This might explain the missing long-term effect on participants' connectedness in our study. A (new) bond with nature may only be established and strengthened if nature experiences are longer and repeatedly applied. Stern et al. (2008) came to a similar conclusion when observing adolescents participating in a 3- to 5-day residential EE programme. The authors suggested repeated nature experiences in order to enhance and stabilize positive outcomes, such as in connectedness with nature and/or in students' environmental attitudes. However, in a meta-analysis of seven EE programmes of different lengths and including repeated experiences, just two programmes produced positive effects on connectedness with nature (Ernst and Theimer 2011). Thus, additional aspects seem to have some influence; identifying them in further studies may improve 1-day EE programmes with regard to connectedness with nature. Many models on environmental behaviour consider knowledge to be an influential factor when it comes to attitudes, connectedness with nature and proenvironmental behaviour (Kaiser et al. 2008; Kollmuss and Agyeman 2002). Our EE programme was also designed to enhance students' knowledge on climate change. In a second study, we could show students to have a greater knowledge on programme-related issues directly and 4 to 6 weeks after participation (Sellmann and Bogner 2012). We assume that this knowledge gain might have contributed to the changes in students' environmental attitudes and connectedness with nature. Therefore, just ‘going outside’ might not be as effective as combining nature experiences with learning activities that encourage students to actively and consciously deal with the environment.

Even 4 to 6 weeks after participation, a long-term attitudinal change only remained in utilisation. This shift is, too, in line with previous findings in outdoor educational studies (Bogner 2002; Drissner et al. 2010). Similarly, Boeve-de Pauw and van Petegem (2011) could show Flemish eco-school students to have lower utilisation scores than students attending other schools, but preservation scores were equal. A potential reason for our described partial shift may lie in the specifically taught issues where the focus did not lie on preservation or conservation topics. In our study, dealing with climate change as a human-caused phenomenon, the anthropogenic element is an inevitable component, thus, affecting mainly the utilitarian sector of the attitudinal domains. In

contrast, contents concerning, e.g. conservation issues (as represented in preservation), were only marginally brought up; although we did not intend to, the programme content itself seems to be the reason for the imbalanced changes within the 2-MEV scale. Consequently, in contrast to Drissner et al. (2010), we think that a positive effect in preservation attitudes could actually have been achieved by choosing the programme content accordingly. This assumption might be supported by a study measuring outcomes of residential environmental education programmes dealing with both anthropocentric and utilitarian issues as well: 4 to 6 weeks after programme participation, a significant positive shift in both adolescents' preservation and utilisation scores was reported (Johnson and Manoli 2011). For further research and for the design of environmental education programmes, it should be taken into account that the topics of EE programmes may have a great influence on the attitudinal outcomes. The verification of this assumption may be achieved by carefully designed studies with different treatment groups, each concentrating on one aspect of a topic, the preservation or the utilisation aspect, respectively. In instruction, however, positive changes of both factors may be fostered by a balanced choice of topics; addressing both the anthropocentric and the biocentric worldview. Keeping this in mind, 1-day EE programmes may effectively contribute to the formation of environmentally friendly attitudes.

Connectedness with nature apparently is positively linked with environmental attitudes. Students with high connectedness to nature scored high in the preservation factor whereas students with low connectedness scored high in utilisation. This is in line with other studies (e.g. Schultz 2001; Schultz et al. 2004): The degree of connectedness with nature, therefore, may predict environmental attitudes, each influencing the other. Thus, it seems meaningful to foster both connectedness with nature and environmentally friendly attitudes, possibly maximizing increases in both factors and as a result also EE programme outcomes.

Common climate change education mainly focuses on enhancing knowledge to foster climate literacy and/or to prevent or alter scientifically incorrect conceptions (e.g. Ekborg and Areskoug 2006; Klosterman and Sadler 2010; Lombardi and Sinatra 2010; Rebich and Gautier 2005). Correct knowledge (about climate change) certainly may serve as a base for future behaviour (Byrka et al. 2010; Kaiser et al. 2008). Although we agree with this assumption, in our study, we additionally intended to influence environmental attitudes and connectedness with nature, as these factors may also result

in a more climate-friendly behaviour. In a study examining policy decision makers' willingness to accept climate change strategies, values and norms played an important role (Nilsson et al. 2004). This may also be true for environmental attitudes. Although the impact of factors influencing environmental behaviour, like environmental attitudes, is varying and cannot be quantified (Kollmuss and Agyeman 2002), we regard it reasonable to consider environmental attitudes in EE programmes and try to foster adolescents' connectedness with nature as they are the future decision makers.

In conclusion, 1-day EE programmes with their established status within school schedules indeed have positive short- and long-term effects. Although having no persistent impact on connectedness with nature like longer programmes might have, effects on environmental attitudes may be achieved. Thus, 1-day EE programmes may not be equivalent in terms of their impact on environmental attitudes and connectedness with nature, but they may be a valuable addition to instruction at school. A careful programme design focusing both on preservational and utilitarian issues may support these outcomes, while factors influencing connectedness with nature, apart from duration, and repeated experiences, should be further investigated. We could show that environmental attitudes may be influenced also by climate change education. Fostering environmental attitudes should therefore be integrated into climate change education programmes as this may consequently support behavioural outcomes.

Notes

1 A persistent knowledge gain is measurable not only directly after programme participation but also in follow-up tests.

2 System knowledge comprises basic knowledge about a certain topic, e.g. climate change ('The production of energy through burning of fossil fuels leads to greenhouse gas emissions.'). Action-related knowledge concerns the available behavioural options ('Energy saving is a way to reduce greenhouse gas emissions and helps mitigate climate change.'). Effectiveness knowledge qualifies to assess how effective a behavior might be ('The use of energy-saving lamps needs five times less energy than that of an electric bulb.').

References

- Boeve-de Pauw, J., & van Petegem, P. (2011). The Effect of Flemish Eco-Schools on Student Environmental Knowledge, Attitudes, and Affect. *International Journal of Science Education*, 33(11), 1513–1538.
- Bogner, F. X. (1998). The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspective. *The Journal of Environmental Education*, 29(4), 17–29.
- Bogner, F. X. (1999). Empirical evaluation of an educational conservation programme introduced in Swiss secondary schools. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1169–1185.
- Bogner, F. X. (2002). The influence of a residential outdoor education programme to pupil's environmental perception. *European Journal of Psychology of Education*, 17(1), 19–34.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (1999). Toward Measuring Adolescent Environmental Perception. *European Psychologist*, 4(3), 139–151.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2002). Environmental Perception of Pupils from France and Four European Regions. *Journal of Psychology of Education*, 17(1), 3–18.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2004). Outdoor ecology education and pupil's environmental perception in preservation and utilization. *Science Education International*, 15(1), 27–48.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2006). Adolescents' attitudes towards nature and environment: Quantifying the 2-MEV model. *The Environmentalist*, 26, 247–254.
- Bord, R., O'Connor, R., & Fisher, A. (2000). In what sense does the public need to understand global climate change? *Public Understanding of Science*, 9, 205–218.
- Byrka, K., Hartig, T., & Kaiser, F. G. (2010). Environmental attitude as a mediator of the relationship between psychological restoration in nature and self-reported ecological behavior. *Psychological Reports*, 107(3), 847–859.
- Chawla, L., & Cushing, D. F. (2007). Education for strategic environmental behavior. *Environmental Education Research*, 13(4), 437–452.

- Drissner, J., Haase, H.-M., & Hille, K. (2010). Short-term Environmental Education - Does it work? - An evaluation of the 'Green Classroom'. *Journal of Biological Education*, 44(4), 149–155.
- Ekborg, M., & Areskoug, M. (2006). How student teachers' understanding of the greenhouse effect develops during a teacher education programme. *Nordic Studies in Science Education*, 5, 17–29.
- Ernst, J., & Theimer, S. (2011). Evaluating the effects of environmental education programming on connectedness to nature. *Environmental Education Research*, 17(5), 577–598.
- Fančovičová, J., & Prokop, P. (2011). Plants have a chance: outdoor educational programmes alter students' knowledge and attitudes towards plants. *Environmental Education Research*, 17(4), 537–551.
- Fortner, R. W., Lee, J.-Y., Corney, J. R., Romanello, S., Bonnell, J., Luthy, B., ... (2000). Public Understanding of Climate Change: Certainty and willingness to act. *Environmental Education Research*, 6(2), 127–141.
- Johnson, B., & Manoli, C. C. (2011). The 2-MEV Scale in the United States: A Measure of Children's Environmental Attitudes Based on the Theory of Ecological Attitude. *Journal of Environmental Education*, 42(2), 84–97.
- Kaiser, F. G., Roczen, N., & Bogner, F. X. (2008). Competence formation in environmental education: advancing ecology-specific rather than general abilities. *Umweltpsychologie*, 12(2), 56–70.
- Klosterman, M. L., & Sadler, T. D. (2010). Multi-level assessment of scientific knowledge gains associated with socioscientific issues-based instruction. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1017–1043.
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behaviour? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260.
- Kruse, C. K., & Card, J. A. (2004). Effects of a Conservation Education Camp Program on Campers' Self-Reported Knowledge, Attitude, and Behavior. *The Journal of Environmental Education*, 35(4), 33–45.

- Lombardi, D., & Sinatra, G. (2010). College Students' Perceptions About the Plausibility of Human-Induced Climate Change. *Research in Science Education, online first*, 1–17.
- Milfont, T. L., & Duckitt, J. (2004). The structure of environmental attitudes: a first- and second-order confirmatory factor analysis. *Journal of Environmental Psychology, 24*(3), 289–303.
- Nilsson, A., Borgstede, C. von, & Biel, A. (2004). Willingness to accept climate change strategies: The effect of values and norms. *Journal of Environmental Psychology, 24*, 267–277.
- Rebich, S., & Gautier, C. (2005). Concept mapping to reveal prior knowledge and conceptual change in a mock summit course on global climate change. *Journal of Geoscience Education, 53*(4), 355–365.
- Rickinson, M. (2001). Learners and Learning in Environmental Education: A critical review of the evidence. *Environmental Education Research, 7*(3), 207–320.
- Sanders, D. L. (2007). Making public the private life of plants: The contribution of informal learning environments. *International Journal of Science Education, 29*(10), 1209–1228.
- Schultz, P. W. (2001). The Structure of Environmental Concern: Concern for Self, other People, and the Biosphere. *Journal of Environmental Psychology, 21*, 327–339.
- Schultz, P. W. (2002). Inclusion with nature: the psychology of human-nature relations. In P. Schmuck & P. W. Schultz (Eds.), *Psychology of sustainable development* (pp. 61–78). Boston: Kluwer Academic.
- Schultz, P. W., & Tabanico, J. (2007). Self, Identity, and the Natural Environment: Exploring Implicit Connections With Nature. *Journal of Applied Social Psychology, 37*(6), 1219–1247.
- Schultz, P. W., Shriver, C., Tabanico, J. J., & Khazian, A. M. (2004). Implicit connections with nature. *Journal of Environmental Psychology, 24*, 31–42.
- Sellmann, D. & Bogner, F. X. (2012). Climate change education: Quantitatively assessing the impact of a botanical garden as an informal learning environment. *Environmental Education Research*. Online first.

- Stern, M. J., Powell, R. B., & Ardoin, N. M. (2008). What Difference Does It Make? Assessing Outcomes From Participation in a Residential Environmental Education Program. *The Journal of Environmental Education*, 39(4), 31–43.
- Willison, J. (2006). *Education for sustainable development: Guidelines for action in botanic gardens*. Richmond: Botanic Gardens Conservation International.
- Willison, J., & Green, J. (1994). *Environmental education in botanic gardens: Guidelines for developing individual strategies*. Richmond: Botanic Gardens Conservation International.
- Zelezny, L. C. (1999). Educational interventions that improve environmental behaviors: A meta-analysis. *Journal of Environmental Education*, 31(1), 5–15.

Anhang

Hinweis: Aus urheberrechtlichen Gründen wurden die Illustrationen der Unterrichtsmaterialien für die Publikation in dieser Dissertationsschrift teilweise entfernt und durch Platzhalter ersetzt. Inhaltlich wurden keinerlei Veränderungen vorgenommen.

Inhalte der Pflichtstationen und offenen Experimente (Übersichten)

Modul 1: Das Klima im Wandel

Titel der Station	Inhalt
Station 1: Treibhauseffekt – natürliche Katastrophe!?	Der Treibhauseffekt (natürlich und anthropogen)
Station 2: Fleisch als Klimakiller!?	Beitrag von Lebensmittel-produktion und –transport zu Treibhausgasemissionen
Station 3: The Future Climate	Verschiedene Klimaszenarien (englischsprachig)
Station 4: Step by Step – Schritte zum Klimaschutz	Klimapolitik: nationale und internationale Strategien
Station 5: Energiesünden	Energiesparen im Alltag
Station 6: Kohlmeise & Co.	Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosysteme am Beispiel der Nahrungskette von Kleinem Frostspanner (<i>Opheroptera brumata</i>), Kohlmeise (<i>Parus major</i>) und Eiche (<i>Quercus robur</i>)
Station 7: Bohren in der Vergangenheit	Klimawandel in der Erdgeschichte: Eisbohrkerne und dendrochronologische Analysen
Station 8: Die Klimakiller	Treibhausgase (z. B. Kohlenstoffdioxid und Methan)
Zusatzstation: Jahresstromverbrauch	Energiebilanz der Haushalte der Schüler

Modul 2: Klimawandel und Vegetation

Titel der Station	Inhalt
Station 1: Tropisch!	Tropische Klimazone; besonderer Fokus auf der Familie der Bromelien (Bromeliaceae) und ihren Anpassungen; Abholzung und ihre Ursachen; mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf das Ökosystem.
Station 2: Spiel mit dem Feuer	Australische Feuerökosysteme als Beispiel für aride Ökosysteme und ihre Beeinflussung durch den Klimawandel. Als Beispieelpflanzen dienen <i>Banksia sp.</i> und <i>Eucalyptus sp.</i>
Station 3: Der Wald von morgen	Auswirkungen des Klimawandels auf deutsche Wälder und ihre Bedeutung für die Forstwirtschaft am Beispiel zweier Baumarten: Gemeine Fichte (<i>Picea abies</i>) und Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i>).
Station 4: Über den Wolken...	Auswirkungen des Klimawandels auf alpine Pflanzenarten und den Skitourismus als wichtigen Wirtschaftszweig in der Alpenregion. Schüler können die Pflanzen, die sie interessieren, aus der Abteilung „Alpen“ des Gartens aussuchen.
Station 5: Mehr Power!	Kohlenstoffkreislauf und nachwachsende Rohstoffe; stellt den Gelben Kronbart (<i>Verbesina alternifolia</i>) als Beispiel vor.
Zusatzstation: Wetterfrosch	Vergleich der aktuellen Werte für Temperatur und Niederschlag (ständige Messung durch die Wetterstation des Gartens) mit Langzeitmessungen (Klimadiagramm).

Modul 3: Ab ins Labor!

Titel des Experiments	Inhalt
Forscherguppe 1: Albedo	Der Albedoeffekt der Erde und seine Beeinflussung durch den Klimawandel.
Forscherguppe 2: Der Golfstrom	Der Golfstrom, seine Bedeutung für das Klima sowie seine Beeinflussung durch den Klimawandel.
Forscherguppe 3: Land unter!	Der durch den Klimawandel verursachte Anstieg des Meeresspiegels: Vergleich von Meer- und Landeismassen.

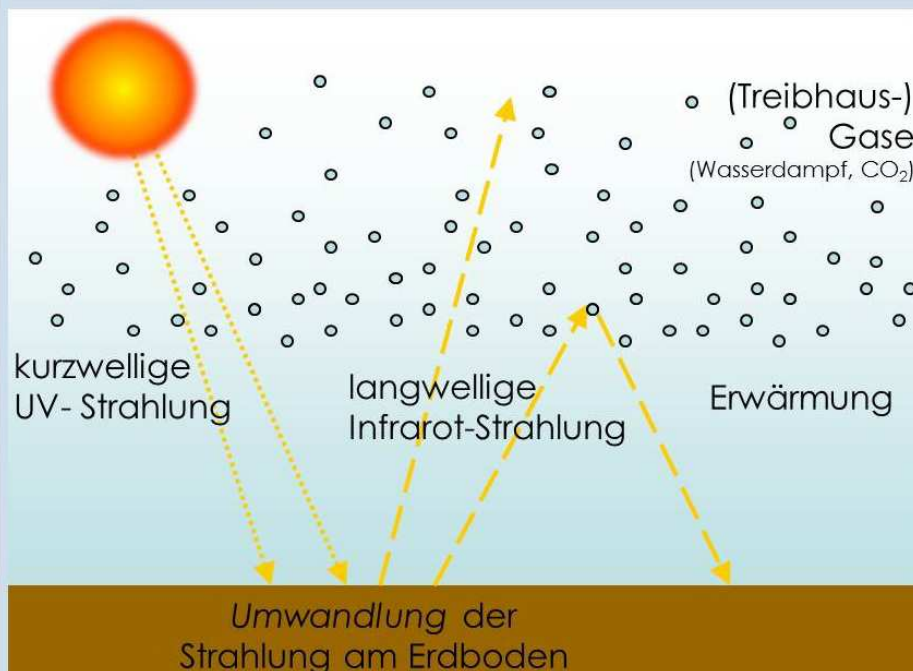
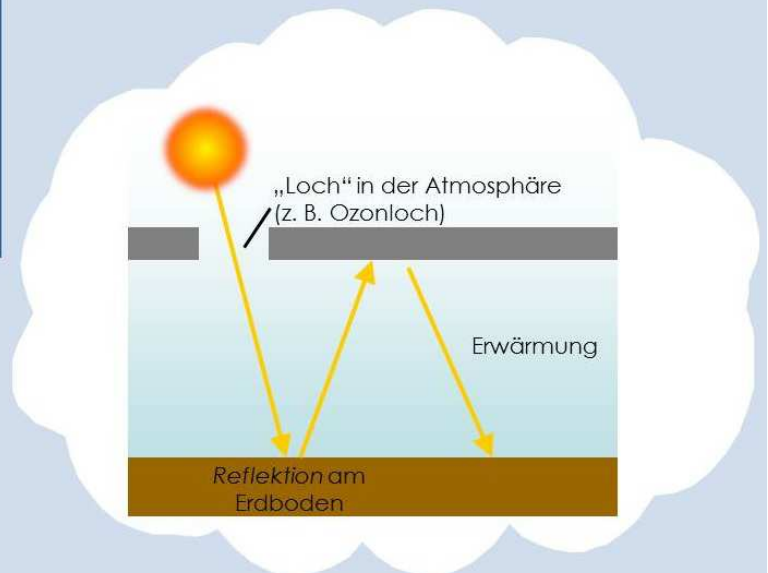
Arbeitsmaterial Modul 1: Das Klima im Wandel

Treibhauseffekt – natürliche Katastrophe!?

„Der natürliche Treibhauseffekt“

1

Wie funktioniert eigentlich der Treibhauseffekt? Viele glauben, dass die Sonnenstrahlung durch ein „Loch“ in der Atmosphäre (z. B. das Ozonloch) eindringt und dann nicht mehr „heraus kann“. *Ist das richtig??*



Diese Abbildung zeigt, wie der natürliche Treibhauseffekt wirklich funktioniert!



Ohne die Erwärmung durch den natürlichen Treibhauseffekt wäre es bei uns auf der Erde -18 °C kalt!

i Treibhauseffekt – natürliche Katastrophe!?

„Der anthropogene Treibhauseffekt“

1

Ohne den natürlichen Treibhauseffekt wäre das Leben auf der Erde nicht möglich. Doch der Mensch verstärkt diesen Effekt, in dem er zusätzlich Treibhausgase in die Atmosphäre einbringt. Dies geschieht vor allem durch Verbrennung fossiler Brennstoffe (Erdgas, Erdöl, Kohle), (Brand-) Rodung von Wäldern und intensive Landwirtschaft.

anthropogen =
vom Menschen
verursacht, durch
den Menschen
entstanden

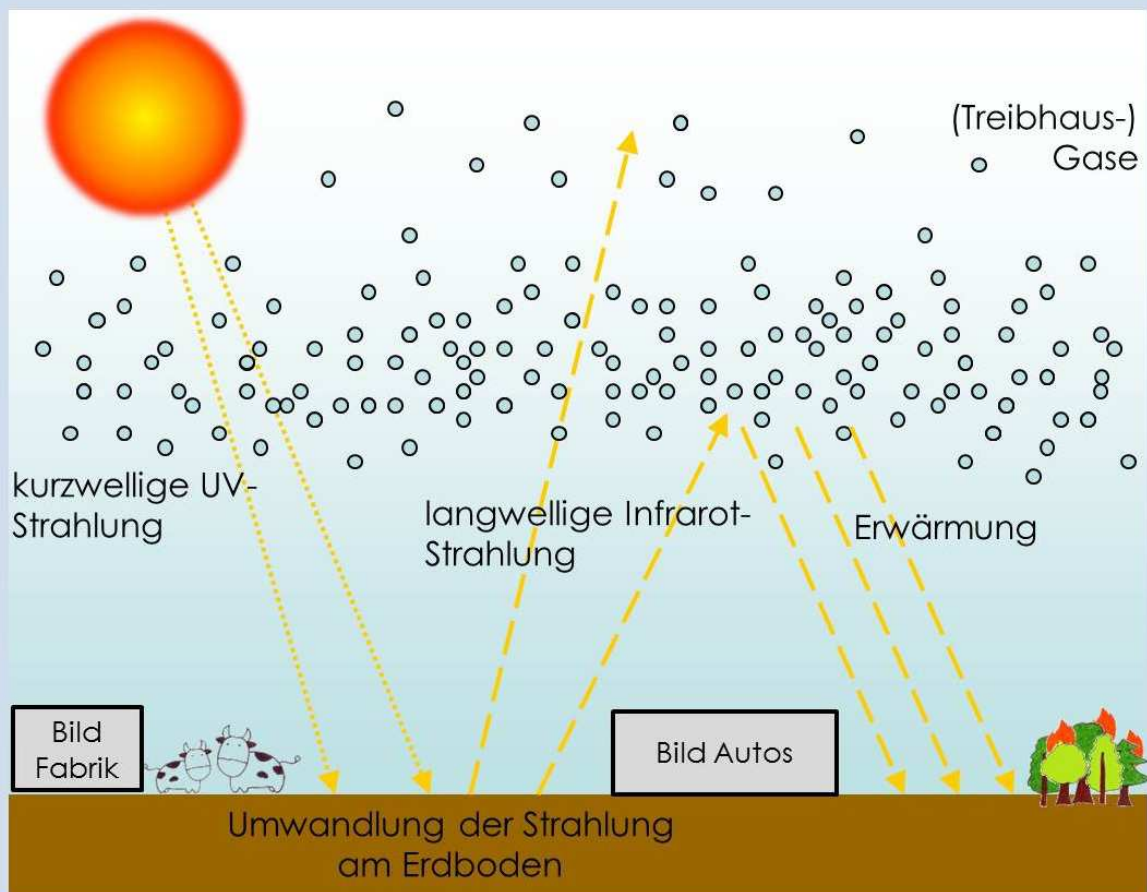
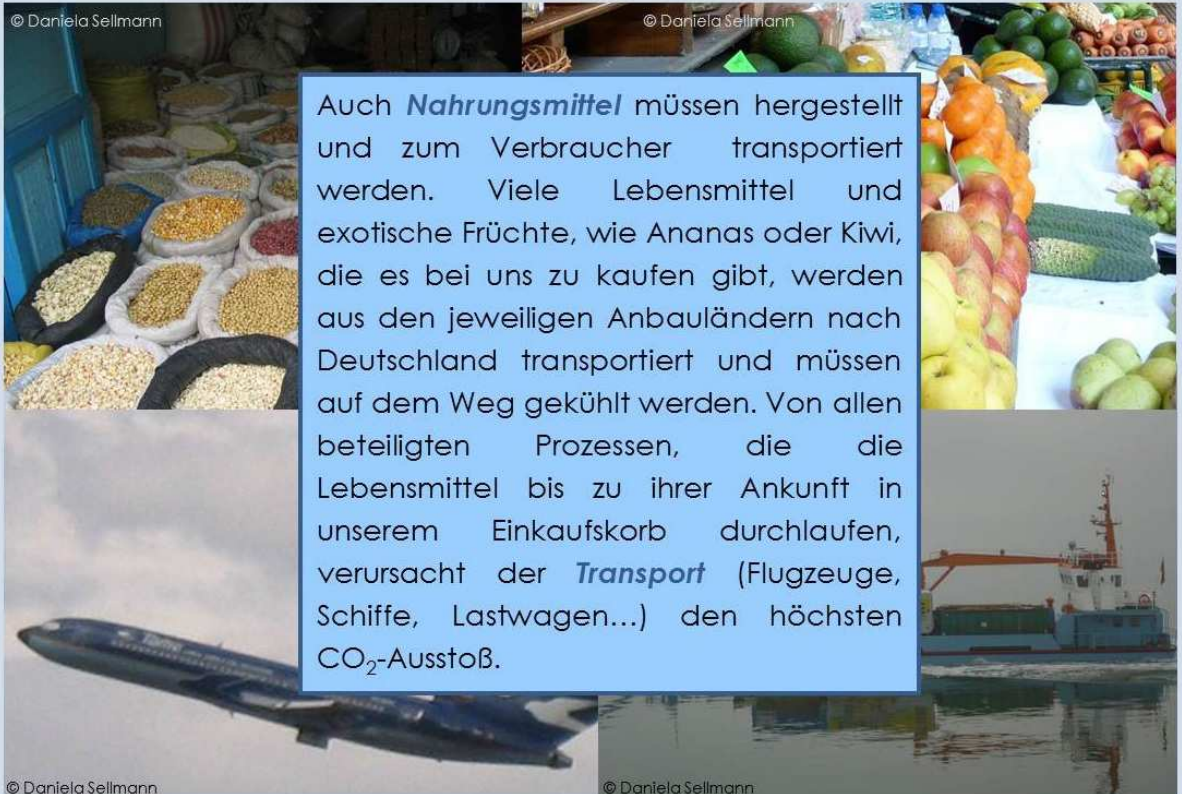


Abbildung: Der anthropogene Treibhauseffekt

i Fleisch als Klimakiller!? 2

Konsum ist ein fester Bestandteil des täglichen Lebens. Wir kaufen Kleidung, gehen ins Schwimmbad oder ins Kino. Produktion und Betrieb verbrauchen dabei eine Menge **Energie**.



Auch **Nahrungsmittel** müssen hergestellt und zum Verbraucher transportiert werden. Viele Lebensmittel und exotische Früchte, wie Ananas oder Kiwi, die es bei uns zu kaufen gibt, werden aus den jeweiligen Anbauländern nach Deutschland transportiert und müssen auf dem Weg gekühlt werden. Von allen beteiligten Prozessen, die die Lebensmittel bis zu ihrer Ankunft in unserem Einkaufskorb durchlaufen, verursacht der **Transport** (Flugzeuge, Schiffe, Lastwagen...) den höchsten CO₂-Ausstoß.

Dieser **Zeitungsartikel** empörte die Leser! Fleischverbot soll die Lösung des anthropogenen Treibhauseffektes sein?

Fleisch essen gehört verboten

Vegetarier sind die besseren Menschen

Vegetarier sind die besseren Menschen. Denn Fleisch zu essen zerstört das Klima. Die Welternährungsorganisation WHO hat ermittelt, dass die weltweite Tierproduktion für 18% der Treibhausgase verantwortlich ist. Das ist mehr als der gesamte Transportsektor verschlingt.



The Future Climate

„Scenarios“

3

Hollywood films like „The day after tomorrow“ show us fictional future scenarios for global warming. But which climate changes can we really expect for the future? To answer this question, in 1988 the **IPCC** (Intergovernmental **P**anel on **C**limate **C**hange) was founded. Within this organisation hundreds of scientists from all over the world are researching on climate change and its impacts and are trying to predict our future climate. As the global climate is a very complex system, many factors have to be taken into account when calculating *scenarios for our future climate*.

UNIVERSITÄT
BAYREUTH
Daniela Selmann

Weltkarte mit farblich gekennzeichneten
Temperaturdifferenzen

Figure 1:

Rise in temperature
until 2100

Deutschlandkarte: Zunahme der
heißen Tage farblich abgestuft
eingezeichnet

Grafik verschiedener Szenarien:
Änderungen der globalen Temperatur
aufgetragen gegen die Jahre bis 2100

Figure 2: Increase of hot days until 2100

Figure 3: IPCC scenarios

V The Future Climate

„Vocabulary“

3

English

Deutsch

to assign	zuordnen
carbon dioxide	Kohlenstoffdioxid, CO ₂
contraction	Rückgang
decrease	Abnahme
global surface temperature	Globale Oberflächentemperatur
global warming	Erderwärmung
impact	Auswirkung
in spite of	trotz
panel	Ausschuss, Kommission
to research	forschen
to take into account	berücksichtigen

i Step by Step – Schritte zum Klimaschutz

„Die Welt handelt“

4

Der Klimawandel ist ein globales Problem. Auch die Regierungen der Welt haben dies erkannt und viele versuchen, mit **politischen Maßnahmen** den Klimaschutz voran zu treiben.

1988 wurde der **IPCC** (Intergovernmental Panel on Climate Change), der sogenannte **Weltklimarat**, gegründet. Zur Zeit sind 194 Staaten Mitglied dieser Organisation, die sowohl die Klimaforschung voran treibt, als auch Konferenzen mit politischen Vertretern aller Mitgliedsstaaten ausrichtet. 1997 wurde bei der Konferenz in Japan das sogenannte **Kyoto-Protokoll** verabschiedet, das 2005 in Kraft trat. Alle unterzeichnenden Staaten verpflichteten sich, die Treibhausgasemissionen, vor allem die des CO₂, im Zeitraum von 2008 bis 2012 im Vergleich zu 1990 um mindestens 5% zu reduzieren.

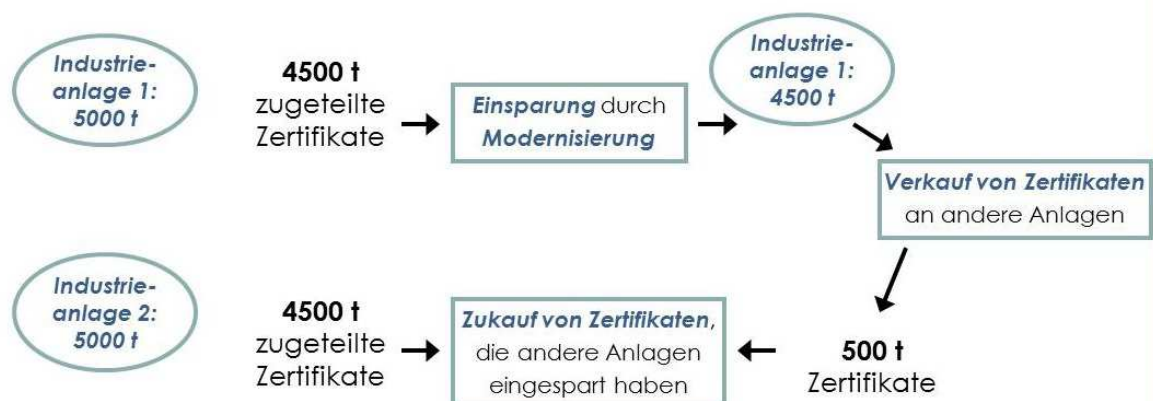
Foto Konferenzsaal und Logo IPCC

Emission = Ausstoß von Schadstoffen in die Umgebung. Meistens werden mit Emission die gesundheitsschädlichen Stoffe aus Industrie- und Fahrzeugabgasen beschrieben.

UNIVERSITÄT
BAYREUTH
Daniela Sellmann

In Deutschland und der EU wurde Anfang 2005 der sogenannte **Emissionshandel** eingeführt. Diese Maßnahme soll dazu beitragen, die Vereinbarungen zur Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen, die im Kyoto-Protokoll getroffen wurden, einzuhalten. In der gesamten EU sollen die CO₂-Emissionen um 8%, in Deutschland sogar um 21% gesenkt werden.

So funktioniert der Emissionhandel...





Energiesünden

„Die Richters“

5

Jeder Einzelne von uns braucht Energie im täglichen Leben und verursacht somit Treibhausgasemissionen. Besonders die Haushalte tragen zu einem sehr großen Teil zu den Gesamtemissionen eines Landes bei. Es daher besonders wichtig, Energie zu sparen und so den Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern.

Zeichnung: Das Haus der Richters



Kohlmeise & Co.

6

Steigende CO_2 -Konzentrationen in der Atmosphäre, steigende mittlere Temperaturen auf der Erde, steigender Meeresspiegel – dies alles zieht weitere Folgen nach sich, die vor allem die Natur betreffen. Zum Beispiel ist der Frühling bei uns in Europa insgesamt wärmer und beginnt immer eher. In erster Linie sind Pflanzen von dieser **Verschiebung der Jahreszeiten** betroffen und so auch indirekt viele Tiere.

Die Lebewesen eines **Ökosystems** sind durch komplexe Beziehungen miteinander verbunden. Dabei unterscheidet man vier große Gruppen:



Diagramm: zeitliche Abfolge von Eiablage, Schlupfdatum und Flüge werden der Jungvögel und Überschneidung mit Vorkommen der Raupen des Kleinen Frostspanners

Abb. 1a: Zeitliche Abfolge der Entwicklung junger Kohlmeisen und der Raupe des Kleinen Frostspanners vor 30 Jahren

Diagramm: zeitliche Abfolge von Eiablage, Schlupfdatum und Flüge werden der Jungvögel und Überschneidung mit Vorkommen der Raupen des Kleinen Frostspanners

Abb. 1b: Zeitliche Abfolge der Entwicklung junger Kohlmeisen und der Raupe des Kleinen Frostspanners heute

i

Bohren in der Vergangenheit

7

Um unser heutiges Klima zu verstehen, ist es wichtig, auch zu wissen, wie die klimatischen Bedingungen in der Vergangenheit waren. Gab es schon früher Klimaschwankungen oder blieb das Weltklima konstant? Lassen sich aus den Erkenntnissen über die Vergangenheit Prognosen für die Zukunft treffen? In **Klimaarchiven der Natur** können Wissenschaftler Antworten auf diese Fragen finden.

Foto: Eismeer

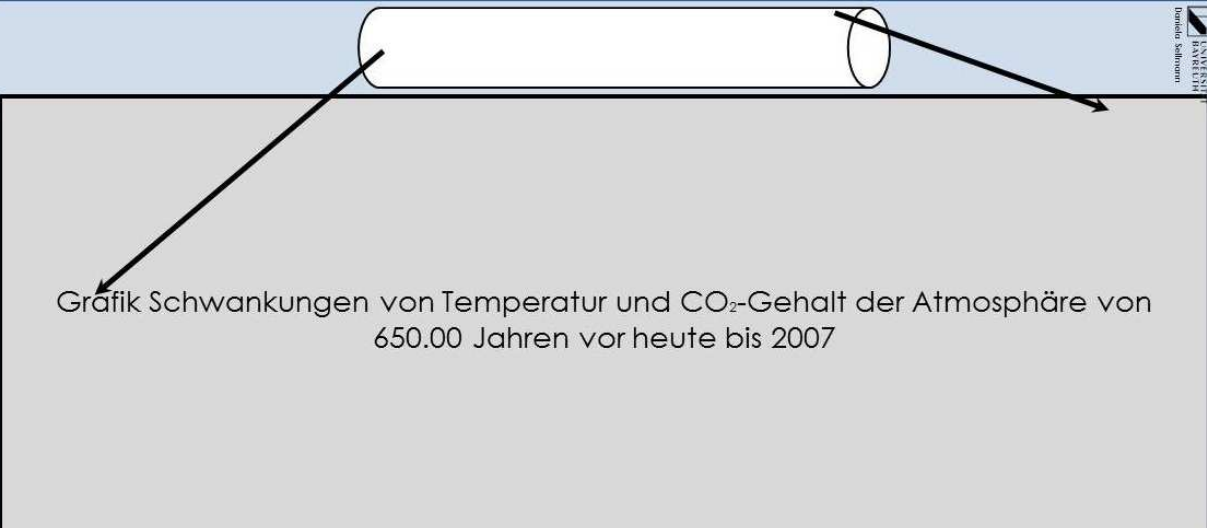
Foto

In den zum Teil kilometerdicken Eisschichten der Pole werden deshalb **Bohrungen** vorgenommen. Je tiefer die Wissenschaftler bohren, desto älter ist das Eis, auf das sie stoßen. Anhand eingeschlossener Partikel und Luftblasen in den Eisbohrkernen können zum Beispiel Rückschlüsse auf die Luftzusammensetzung vergangener Zeiten gezogen werden.


Foto

Deutlich kann man die unterschiedlichen Eisschichten im Bohrkern erkennen.

Wir haben einen Eisbohrkern im Modell für Sie nachgebildet. Die darauf abgebildete Grafik sehen Sie hier noch einmal vergrößert.



Grafik Schwankungen von Temperatur und CO₂-Gehalt der Atmosphäre von 650.00 Jahren vor heute bis 2007



UNIVERSITÄT
WIEN
VERGLEICH
Barthel Schöner

i Die Klimakiller

„CO₂ & Co.“


8

Warum steigt eigentlich die Konzentration der Treibhausgase an?

Also ich habe gehört, dass es mit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert zusammenhängt.

Stimmt! Seit der Industrialisierung verstärkte sich der Ausstoß von Treibhausgasen durch den Menschen und seine Aktivitäten, wie zum Beispiel durch Rodung von Waldflächen zum Erhalt von Ackerland, Verbrennung fossiler Brennstoffe und vermehrte Landwirtschaft.

Foto: Jugendliche im Gespräch



Ja, das würde auch gut passen! Auf den Diagrammen des IPCC erkennt man eine deutliche Zunahme der Treibhausgase ab dem 19. Jahrhundert. Aber welche Gase sind das eigentlich?

ppm = „parts per million“, Teilchen pro Million

Kohlenstoffdioxid (CO₂)

wird bei Verbrennungsprozessen (z. B. von fossilen Energieträgern, Holz) frei. Die Konzentration im Zeitraum von 1000 bis 1750 lag bei 280 ppm. Im Jahr 2000 lag dieser Wert bereits bei 368 ppm, was einer Zunahme von etwa 30% entspricht. CO₂ hat einen Anteil von 60% am anthropogenen Treibhauseffekt.

Lachgas (Distickstoffmonoxid, N₂O)

ist ein Abfallprodukt der Landwirtschaft. Es wird als Stickstoffdünger eingesetzt und entsteht bei der Verbrennung von Biomasse. Im Zeitraum von 1000 bis 1750 lag die Konzentration bei 0,027 ppm und stieg bis 2000 leicht auf einen Wert von 0,032 ppm. Lachgas hat einen Anteil von 5 bis 6 % am anthropogenen Treibhauseffekt.

Methan (CH₄)

ist ein Beiprodukt der Ölraffination (Erdgasgewinnung und -transport) und entsteht auch bei organischen Zersetzungsprozessen unter anderem in der Landwirtschaft (Rinder, Reisanbau) oder in Sümpfen und Mooren. Im Zeitraum von 1000 bis 1750 lag die Methankonzentration bei 0,71 ppm und hat sich bis zum Jahre 2000 mit einem Wert von 1,77 ppm mehr als verdoppelt. Methan hat einen Anteil von etwa 20% am anthropogenen Treibhauseffekt.

Fluorierte Kohlenwasserstoffe (FCKWs)

sind industriell hergestellte Gase, die z.B. in Klimaanlage, als Treibgas in Spraydosen oder als Kühlgase in Kühlschränken vorkommen. FCKWs gab es vor der Industrialisierung nicht. Ein starker Anstieg der Konzentration wurde im Zeitraum von 1953 bis 1995 nachgewiesen. Danach ist diese wieder leicht abgesunken. Die FCKWs werden kaum noch verwendet, da sie nicht nur dem Klima sondern auch der Ozonschicht schaden. Sie wirken 6.000 bis 10.000 mal stärker als CO₂ und haben einen Anteil von 14 bis 17% am anthropogenen Treibhauseffekt.

UNIVERSITÄT
BAYREUTH
Daniela Sellmann

Das Klima im Wandel

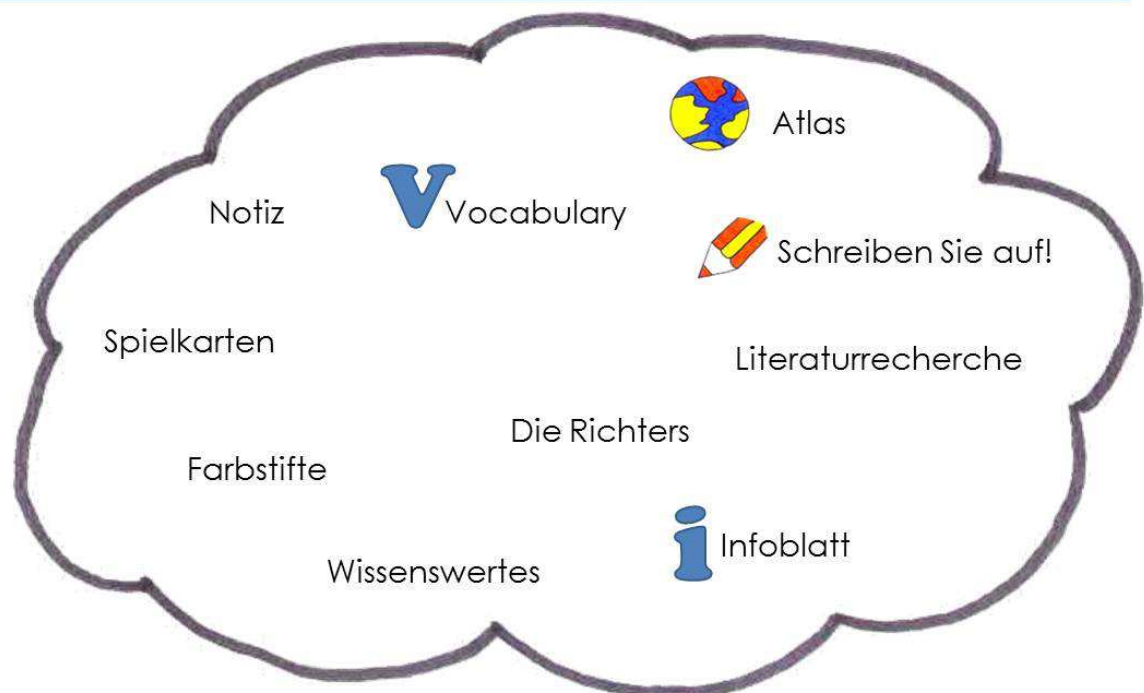
Klasse:

Was muss ich beachten?

Beim heutigen Stationenlernen gibt es 8 **Pflichtstationen**, welche Sie in der vorgegebenen Zeit bearbeiten sollen. Die Reihenfolge wird dabei Ihnen überlassen. Die **Zusatzstation** können Sie bearbeiten, wenn Ihnen am Ende noch Zeit dazu bleibt.

Die **Materialien**, die Sie für die einzelnen Stationen benötigen, sind mit Symbolen gekennzeichnet. Sie tauchen auf jeder Seite im blauen Balken unter der Überschrift auf und sind im unteren Teil dieser Seite erklärt.

Wichtig ist das **Symbol** für „Notiz“. Hier sollen Sie eine Aussage formulieren, wie jeder Einzelne zum Klimaschutz beitragen kann. Alle Klimatipps werden dann auf der Seite 13 in der „Infosammlung“ zusammengetragen.



Nach der Bearbeitung jeder Station wird diese für die nachfolgende Gruppe wieder aufgeräumt.

Falls Sie sich bei der Beantwortung der Aufgaben unsicher sind, liegt auf dem Lehrertisch ein **Lösungsheft** bereit, dass Sie gerne zur Überprüfung der Ergebnisse nutzen können.

Treibhauseffekt – natürliche Katastrophe!?

1

Aufgabe 1.1

Nummerieren Sie die Textabschnitte in der richtigen Reihenfolge! Nutzen Sie dazu die untere Abbildung auf dem Infoblatt „*Der natürliche Treibhauseffekt*“.

Ein Teil der Infrarotstrahlung wird von verschiedenen Gasen wie **CO₂** & **Wasserdampf** absorbiert.

Die UV-Strahlung wird am Erdboden in langwellige Wärmestrahlung (**Infrarot-Strahlung**) umgewandelt, die zum Teil ins All zurück gestrahlt wird.

Dadurch wird die Wärmeabgabe verzögert und die Atmosphäre erwärmt sich.


Die kurzwellige **UV-Strahlung** der Sonne trifft auf die Erdoberfläche.

Aufgabe 1.2

Warum ist der natürliche Treibhauseffekt eine wichtige Grundlage für das Leben auf dem Planeten Erde? Notieren Sie kurz!



Aufgabe 1.3

Wie unterscheidet sich die Vorstellung vieler Menschen über den Treibhauseffekt von seiner tatsächlichen Funktionsweise? Notieren Sie 2 Unterschiede. 

1.

2.

Aufgabe 2

Nummerieren Sie die Textabschnitte in der richtigen Reihenfolge! Nutzen Sie dazu die Abbildung auf dem Infoblatt „*Der anthropogene Treibhauseffekt*“.

Dadurch erhöht sich die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre.

Es kommt zu einer stärkeren Erwärmung der Atmosphäre, also zu einer **Verstärkung des natürlichen Treibhauseffekts**.

Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, intensive Landwirtschaft & Brandrodung werden vermehrt Treibhausgase freigesetzt.

Die vom Erdboden abgestrahlte langwellige Infrarotstrahlung wird durch die **erhöhte Treibhausgas-Konzentration** in der Atmosphäre stärker absorbiert.

3

Fleisch als Klimakiller!?

2

Aufgabe 1.1

Stellen Sie aus den Zutaten auf den Karten ein Frühstück nach eigenem Geschmack zusammen. Wählen Sie zunächst **5 Lebensmittel**, ohne die Karten umzudrehen! Erst danach drehen Sie die Karten um.

Füllen Sie die Tabelle aus und berechnen Sie den **CO₂-Ausstoß** für Ihr Frühstück. Danach suchen Sie, wenn vorhanden, jeweils eine **klimafreundlichere Alternative** aus den Karten heraus, die weniger CO₂-Ausstoß bewirkt.

Lebensmittel	CO ₂ -Ausstoß [g/kg Lebensmittel]	regional oder überregional angebaut?	Klimafreundliche Alternative (Lebensmittel)	CO ₂ -Ausstoß [g/kg Lebensmittel]

CO₂-Ausstoß

Wunschfrühstück: _____

CO₂-Ausstoß klima-

freundliches Frühstück: _____

Aufgabe 1.2

Warum ergeben sich unterschiedliche Werte für regional bzw. überregional hergestellte Lebensmittel? Nutzen Sie das Infoblatt! Notiz für Seite 13!



Aufgabe 2

Äußern Sie sich kritisch zu dem Zeitungsartikel auf dem Infoblatt und notieren Sie kurz ihre Meinung.



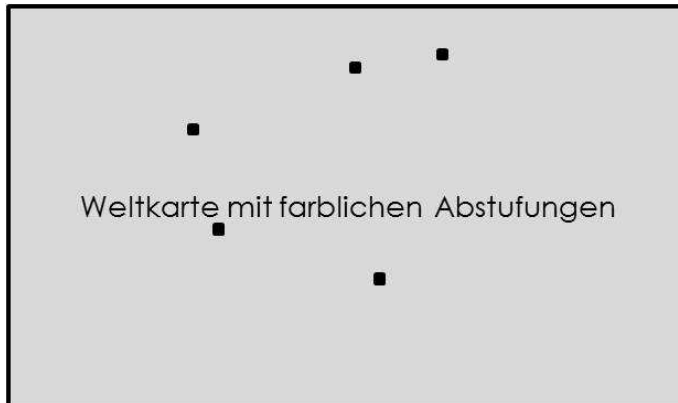
The Future Climate

3

Exercise 1.1

Write down the increase of temperature until 2100 for the cities listed below. Mark the cities and areas in the map.

Rise In Temperatures Until 2100



City/Area	Increase of temperature
1 Miami	
2 Nowosibirsk	
3 Capetown	
4 Berlin	
5 Antarctica	
6 La Paz	

Exercise 1.2

Write down the increase of hot days (more than 30 C) until 2100 for the cities of Munich, Nuremberg and Wurzburg in Bavaria. Use figure 2 on the information sheet.

Nuremberg _____ Wurzburg _____ Munich _____

Exercise 2

Temperatures have increased by 0.6 ± 0.2 C since the late 19th century. Scientists even expect the average global surface temperature to rise 0.6 to 2.5 C in the next fifty years, and 1.4 to 5.8 C in the next century. Try to assign the different reasons to the four IPCC scenarios shown in figure 3 on the information sheet.

Population growth	Technological development
(P1) steady population growth	(T1) most slowly technological development
(P2) increasing population growth till 2050, then contraction	(T2) clean economical technology
(P3) increasing population growth till 2050, then contraction	(T3) fast technological development

Scenario 1: ☐ ☐

Scenario 2: ☐ ☐

Scenario 3: ☐ ☐

I believe in scenario _____ because _____

5

Step by Step – Schritte zum Klimaschutz

4

Aufgabe 1.1

Was wurde im Kyoto-Protokoll festgelegt? Notieren Sie in Stichpunkten!

Aufgabe 1.2

Welche Maßnahme hat die Bundesrepublik unter anderem ergriffen, um die im Kyoto-Protokoll festgelegten Auflagen zu erfüllen?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Förderung von Emissionen | <input type="checkbox"/> Handel mit Emissionszertifikaten |
| <input type="checkbox"/> Handel mit Klimarechten | <input type="checkbox"/> Verbot von CO ₂ -Ausstoß |

Aufgabe 2.1

Wie funktioniert der Emissionshandel? Notieren Sie in Stichworten. Nehmen Sie die Zeichnung auf dem Infoblatt „Die Welt handelt“ sowie die ausliegende Broschüre zu Hilfe.



Aufgabe 2.2

Der Emissionshandel wird auch kritisch gesehen. Können Sie sich denken, warum? Wie ist Ihre Meinung dazu? Notieren Sie in Stichworten!



Energiesünden

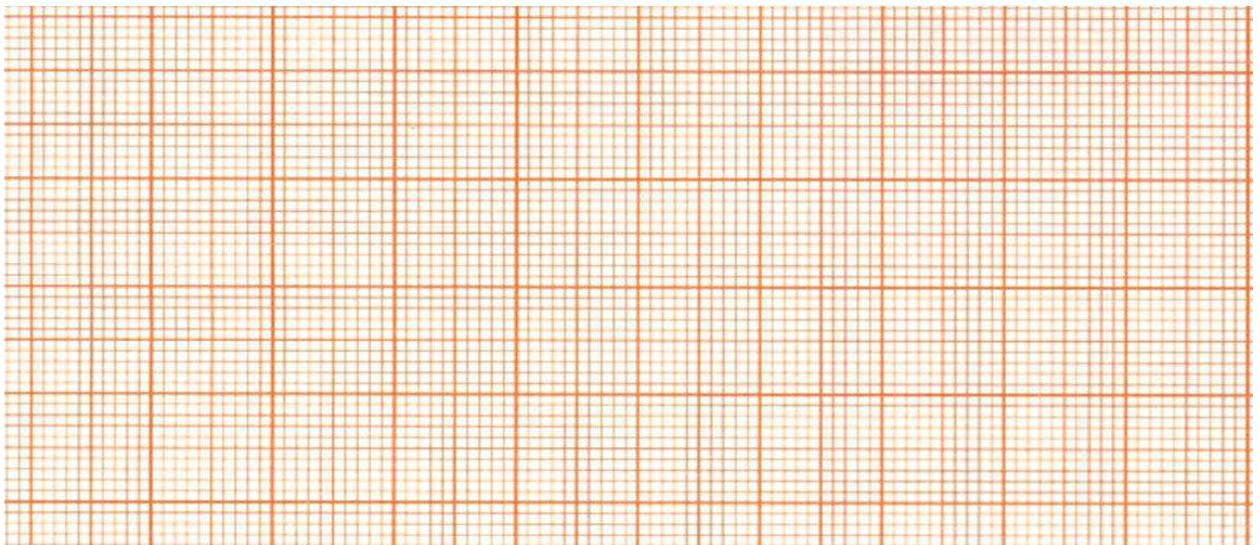
5

Aufgabe 1.1

Ständig wird Energie verbraucht, was einen Ausstoß von Kohlenstoffdioxid mit sich bringt. Doch welcher Bereich des täglichen Lebens verursacht den höchsten CO₂-Ausstoß?

Erstellen Sie anhand der Tabelle die **Verlaufskurven für den Energieverbrauch** von Bergbau (verarbeitendes Gewerbe) (rot), Verkehr (grün), Haushalt (braun) und Gewerbe (Handel, Dienstleistungen) (blau). Die Werte entsprechen den Anteilen an Emission in Prozent. Werten Sie die Grafik in 2 – 3 Sätzen aus!

Jahr	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Bergbau	25,3	25,1	25,3	26,0	24,1	25,0
Verkehr	27,7	28,8	30,9	30,2	28,9	29,2
Haushalt	30,9	30,7	28,5	28,5	31,0	29,2
Gewerbe	16,7	16,6	16,5	15,9	16,0	16,2



Grafikauswertung:



Energiesünden

5

Aufgabe 2.1

Jeder Einzelne ist gefragt, wenn es darum geht, durch energiesparendes Verhalten den Klimawandel ein wenig zu verlangsamen. Finden Sie 5 Energiesünden im Bild des Hauses der Familie Richter und notieren Sie diese. Notieren Sie eine Aussage in der Infosammlung auf Seite 13!

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____

Aufgabe 2.2

Die vierköpfige Familie Richter möchte sich einen neuen Kühlschrank kaufen, mit dem sie möglichst viel Energie sparen kann. Das Energieeffizienzlabel gibt darüber Auskunft. Helfen Sie den Richters bei ihrer Entscheidung und achten sie dabei auf den Preis und die Energieeffizienzklasse. Begründen Sie ihre Entscheidung!

Allein in Deutschland könnten zwei leistungsfähige Kraftwerke abgeschaltet werden, wenn auf Stand-by-Betrieb verzichtet würde!!!

Ich würde den

☐ blauen

☐ grünen

☐ orangefarbenen

Kühlschrank kaufen, weil ...



Energieeffizienzlabel

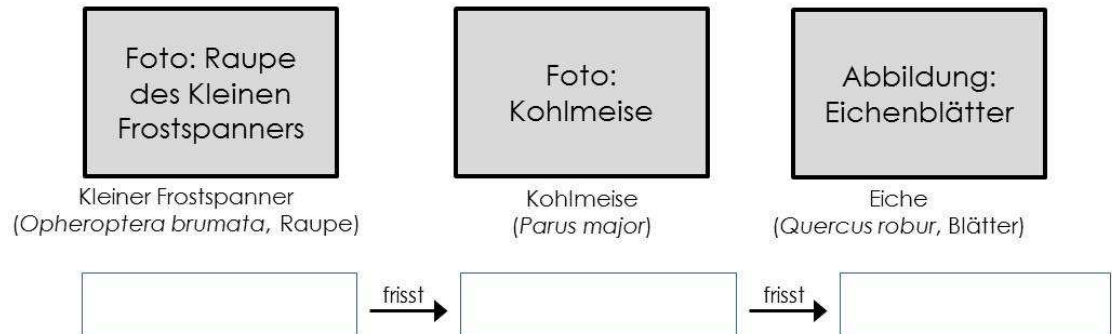
8

Kohlmeise & Co.

6

Aufgabe 1

Ordnen Sie Kohlmeise (*Parus major*), Kleinen Frostspanner (*Opheroptera brumata*, Raupe) und Eiche (*Quercus robur*, Blätter) zu einer **Nahrungskette** und benennen Sie ihre Funktion im Ökosystem. Nutzen Sie dazu die Texte auf dem Infoblatt.



Funktion: _____

Aufgabe 2.1

Beschreiben Sie anhand der Abbildung 1a auf dem Infoblatt in Stichworten die Zusammenhänge zwischen dem Raupenvorkommen des Kleinen Frostspanners und der Entwicklung der Jungtiere der Kohlmeise.



Aufgabe 2.2

Was hat sich im Vergleich zu 1980 an diesen Zusammenhängen geändert (Abb. 1b)? Welche Rolle könnten die Eiche und der wärmere Frühling dabei spielen?



Aufgabe 2.3

Was bedeutet das für die von Ihnen zusammen gefügte Nahrungskette?



9

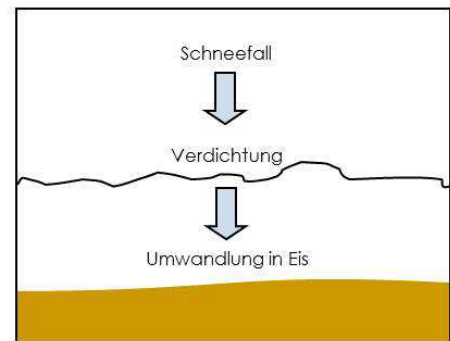
Bohren in der Vergangenheit

7

Aufgabe 1

Erklären Sie kurz anhand der Abbildung die Entstehung der kilometerdicken Eisschicht an Nord- und Südpol.





Aufgabe 2.1

Beschreiben Sie den Kurvenverlauf der Temperatur und des CO_2 -Gehalts der vergangenen 650000 Jahre. Nutzen Sie dazu die Abbildung auf dem Infoblatt und das Modell des Eisbohrkerns. Was können Sie im Hinblick auf das Klima der Welt schließen?



Aufgabe 2.2

Auch aus den Jahresringen der Bäume kann man auf vergangenes Klima schließen. Je nach Umweltbedingungen wachsen Bäume mehr oder weniger gut. Das kann man an der Breite der Jahresringe ablesen. Was bedeuten dementsprechend breitere und schmalere Jahresringe im Bezug auf das Klima? Notieren Sie ihre Vermutung.



Die Klimakiller

8


Aufgabe 1

Ordnen Sie die jeweiligen Kohlenstoff-Ausstöße zu, indem Sie die CO₂-Menge mit dem Transportmittel verbinden. Alle Angaben beziehen sich auf eine Person! Notieren Sie eine Klimaschutz-Maßnahme auf Seite 13!

Abbildung: Auto 100 km Kleinwagen	Abbildung: Bus 100 km öffentlicher Bus	Abbildung: Flugzeug 100km Inlandsflug
--------------------------------------	---	--

6,3 kg CO ₂	29 kg CO ₂	14 kg CO ₂
------------------------	-----------------------	-----------------------

Aufgabe 2

Vervollständigen Sie die Tabelle der Treibhausgase mit Hilfe des Infotextes „CO₂ & Co.“ und ordnen Sie die Gase nach Wichtigkeit. Beginnen Sie mit dem bedeutendsten Treibhausgas. 

Treibhausgas	Quellen	Konzentrations- änderung seit 1750 in ppm	Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt

11


Zusatzstation: Jahresstromverbrauch

Z

Achtung: für diese Station brauchen Sie kein Material!

Aufgabe 1

Elektrische Geräte brauchen Energie, bei deren Herstellung CO₂ frei wird. Wer also Energie spart, schützt damit auch das Klima!

Gehen Sie im Gedanken durch Ihre Wohnung (z. B. Küche, Bad, Wohnraum). Zählen Sie drei bis fünf Geräte auf, die dort ständig im Stand-by-Betrieb sind! 

- | | |
|----------|----------|
| 1. _____ | 4. _____ |
| 2. _____ | 5. _____ |
| 3. _____ | |

Aufgabe 2

Um den jährlichen Stromverbrauch eines Gerätes zu berechnen, benötigt man die Werte für Leistungsaufnahme (LA) und tägliche Betriebsdauer, die Sie selbst für ihren Verbrauch abschätzen sollen. Mit der folgenden Formel lässt sich daraus der jeweilige Stromverbrauch ausrechnen. Bezogen werden soll die tägliche Betriebsdauer auf eine Person!

Gerät: Leistungsaufnahme in Watt (W)
tägliche Betriebsdauer in Stunden (h)

La
Bd

Der Jahresstromverbrauch (Wh) muss noch in **kWh** umgerechnet werden, indem der Wert durch **1000** geteilt wird!

$$\begin{aligned} \text{La} \cdot \text{Bd} &= \text{Tagesstromverbrauch (Wh)} \cdot 365 \text{ Tage} \\ &= \text{Jahresstromverbrauch (Wh)} \end{aligned}$$

Gerät	Leistungsaufnahme (LA)	Tägliche Betriebsdauer	Jahresstromverbrauch (kWh)
Waschmaschine	2000 W		
Kühlschrank	180 W		
Plasmafernseher	350 W		
Stereoanlage	200 W		
Laptop	90 W		

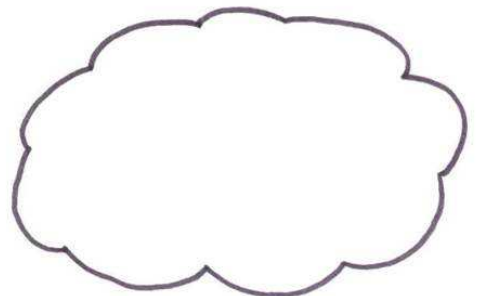
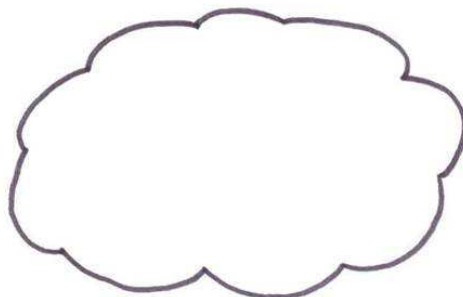
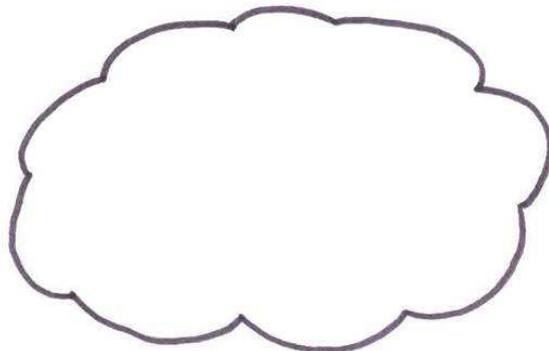
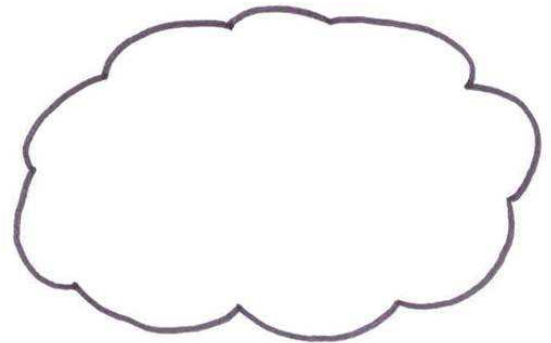
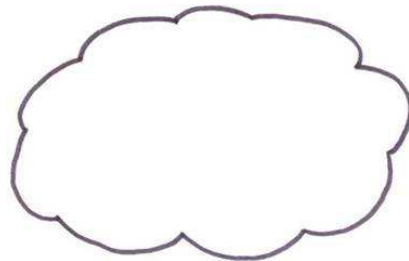
Infosammlung



Wie können wir alle zum Klimaschutz beitragen?

In vielen Stationen wird auf die Folgen des verstärkten Treibhauseffekts hingewiesen. Ziel ist es, das Klima zu schützen! Stellt sich nun die Frage, wie jeder Einzelne dazu einen Beitrag leisten kann.

Diese Infosammlung soll dazu dienen alle **Klimaschutz-Maßnahmen** zusammenzutragen. Schreiben Sie ihre Ideen in die Gedankenwolken!



Bewertungsbogen



Haken Sie die erledigten Stationen ab, bewerten Sie diese nach Schwierigkeit und benoten Sie. 1 ist die beste und 6 die schlechteste Note! Gerne können Sie diese Noten mit einem + oder – versehen.

Station	Bezeichnung	erledigt	Bewertung	Note
1	Treibhauseffekt – natürliche Katastrophe!?		<div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> leicht mittel schwer	
2	Fleisch als Klimakiller?		<div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> leicht mittel schwer	
3	The Future Climate		<div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> leicht mittel schwer	
4	Step by step – Schritte zum Klimaschutz		<div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> leicht mittel schwer	
5	Energiesünden		<div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> leicht mittel schwer	
6	Kohlmeise & Co.		<div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> leicht mittel schwer	
7	Bohren in der Vergangenheit		<div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> leicht mittel schwer	
8	Die Klimakiller		<div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> leicht mittel schwer	
Z	Jahresstromverbrauch		<div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> leicht mittel schwer	

Arbeitsmaterial Modul 2: Klimawandel und Vegetation



Tropisch!



! An dieser Station lernen Sie die **tropische Klimazone** kennen.



Die Tropen sind rund um den Äquator zu finden (siehe Weltklimakarte). Im Gegensatz zu unseren Breiten gibt es dort keine Jahreszeiten. Tagsüber schwanken die Temperaturen stärker als übers gesamte Jahr betrachtet und man spricht von einem **Tageszeitenklima**. Man unterscheidet in den Tropen lediglich zwischen Regen- und Trockenzeit. Die durchschnittlichen Temperaturen fallen fast nie unter 18° C. Zum Vergleich: in Deutschland liegt die jährliche Durchschnittstemperatur nur bei 7,8° C!

Klimakarte
Südamerika



Etwa die Hälfte der Fläche Südamerikas gehört zur tropischen Zone (siehe Karte oben) und ist zu großen Teilen von **tropischem Regenwald** bedeckt, der hier im Tropenhaus nachgestellt ist. Die tropischen Regenwälder gehören zu den Gebieten mit der höchsten Artenvielfalt (**Biodiversität**) der Welt.

Auch auf globaler Ebene kommt den tropischen Regenwäldern eine große Bedeutung zu. Zum einen ist in der enormen Pflanzenmasse eine große Menge an Kohlenstoff festgelegt, die Regenwälder sind also **Kohlenstoffspeicher**. Zum anderen beeinflussen sie den **Wasserhaushalt** der Erde und tragen so maßgeblich zum globalen Klima bei.



Tropischer Bergregenwald
in Südecuador

UNIVERSITÄT
BAYREUTH
Daniela Sellmann



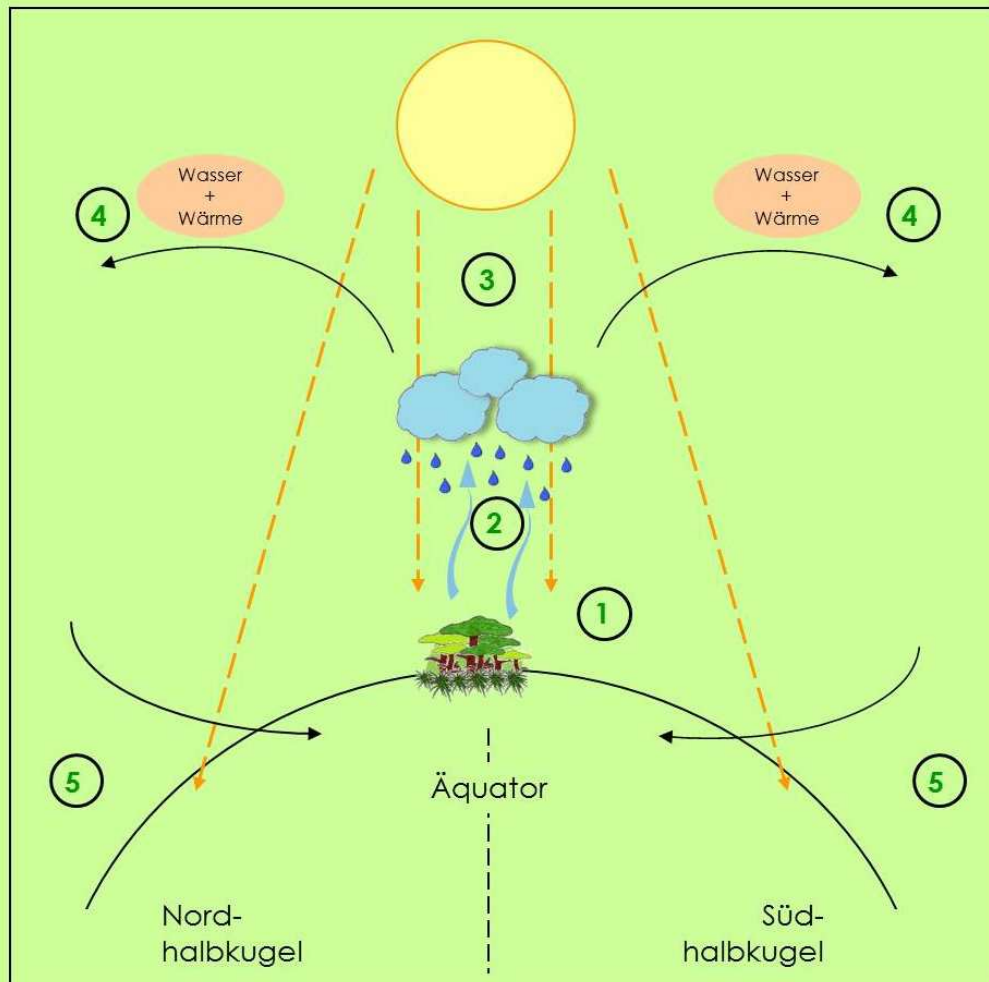
! Die tropischen Regenwälder sind durch **Abholzung** bedroht. Gründe für diese Abholzung gibt es viele (siehe Infoblatt 2). Fakt ist, dass die Regenwälder mit jedem Tag weiter schrumpfen und so der Lebensraum vieler Arten zerstört wird. Auf den gerodeten Flächen erfolgt außerdem eine starke **Erosion**, so dass der fruchtbare Boden nach wenigen Jahren abgetragen ist und die Flächen landwirtschaftlich nicht weiter genutzt werden. Neuer Regenwald kann hier jedoch nicht mehr entstehen. Forschungsergebnisse zeigen, dass auch der Klimawandel Folgen für die Regenwälder hat.



Tropisch!





Einfluss der tropischen Regenwälder auf das globale Klima




Zusatzinfos

- Am Äquator ist die einfallende Strahlung höher als auf dem Rest der Erde, da die Sonne hier im Zenit steht.
- Je höher die Temperatur der Luft ist, desto mehr Feuchtigkeit kann sie aufnehmen.
- Je höher die Temperatur ist, desto mehr Wasser verdunsten Pflanzen über ihre Spaltöffnungen. Diesen Vorgang nennt man **Transpiration**.

Tropisch! -2-




--Klimawandel gefährdet Regenwälder--

Wie Forscher kürzlich bestätigten, stellen die durch den Klimawandel verursachten erhöhten Temperaturen eine Gefährdung für die tropischen Regenwälder dar. So erhöhe sich zum einen der Trockenstress von Pflanzen an Rändern gerodeter Flächen, zum anderen die Brandgefahr, was vor allem im Hinblick auf Brandrodungen ein Problem darstelle.

Nutzholz

Das Holz der tropischen Regenwälder, vor allem **Mahagoni** und **Teak**, wird oft für Gartenmöbel, Terrassenbelag und ähnliches verwendet, da es besonders witterungsbeständig ist. Weniger „wertvolles“ Holz wird meist zur Papierherstellung, aber auch zum Beispiel für Einwegesstäbchen oder Malpinsel verwendet.


Biokraftstoff



Eine noch relativ neue Bedrohung für die tropischen Regenwälder stellt der Anbau von Ölpalmen zur Gewinnung von **Palmöl** dar. Palmöl wird zu Biokraftstoff verarbeitet, der in den letzten Jahren an Popularität gewonnen hat.

In Malaysia und Indonesien ist der Anbau von Ölpalmen mittlerweile der Hauptgrund für die Entwaldung. Auch in südamerikanischen und afrikanischen Regenwaldgebieten hat man mit der Anlage von Plantagen begonnen.

Weideflächen



Großviehbetriebe holzen Regenwald ab, um **Weideland für ihre Rinder** zu schaffen. Da der Boden nach wenigen Jahren durch Erosion abgetragen ist und keine Nährstoffe mehr zur Verfügung stehen, wächst für die Tiere nicht mehr genug Futter: neue Flächen werden gerodet.

Soja


In den 1990er Jahren begann vor allem in den südamerikanischen Regenwaldgebieten der sogenannte „**Soja-Boom**“. Immer mehr Flächen wurden zum Anbau der Hülsenfrüchte gerodet. Aus Soja wird Kraftfutter für Fleischrinder und Milchkühe hergestellt, das in die EU und die USA exportiert wird.

Schon gewusst...?

→ In Indonesien werden pro Jahr zwischen 2 und 2,4 Millionen Hektar Wald zerstört. Das entspricht einer Fläche so groß wie Mecklenburg-Vorpommern!

→ Im Amazonasgebiet in Südamerika wurden in den vergangenen fünf Jahren pro Minute mindestens 4,5 Fußballfelder Regenwaldfläche vernichtet.

Quelle: WWF (2009)



UNIVERSITÄT
BAYREUTH
Daniela Sellmann



Spiel mit dem Feuer



! An dieser Station lernen Sie die sogenannten **ariden Klimate** kennen.



Der Begriff arid kommt aus dem Lateinischen und bedeutet soviel wie „trocken“ oder „dürr“. Die ariden Klimate sind somit vor allem durch **geringe Niederschläge**, oftmals aber auch durch **hohe Tagestemperaturen** gekennzeichnet.



Ein Kontinent, der besonders stark durch arides Klima geprägt ist, ist Australien. Durch das trockene und heiße Klima kommt es hier häufig zu **Buschbränden**, wie auch im Februar 2009:

---Australien erlebt schlimmste Feuerkatastrophe seit über 200 Jahren---

---Schwarzer Samstag:
Buschfeuer in Victoria---

---Hunderte Australier fliehen vor den Flammen---

Foto:
Buschbrand
in Australien

Klimakarte von Australien

Foto:
Eucalyptus in
Australien

Obwohl diese Buschbrände oft erheblichen Schaden in menschlichen Siedlungen und Städten verursachen und sogar Menschenleben fordern, sind sie für viele Pflanzen der australischen Vegetation von Vorteil. Im Laufe der Evolution haben sie sich auf verschiedenste Weisen an die Feuer angepasst und sorgen manchmal sogar mit speziellen Strategien dafür, dass sich die Brandgefahr noch erhöht! Diese besonders angepassten Pflanzenarten nennt man **Pyrophyten**, was soviel heißt wie „Feuerpflanzen“. Auch der häufigste und bekannteste Baum Australiens gehört zu dieser Pflanzengruppe: der *Eucalyptus*.



Daniela Selmann

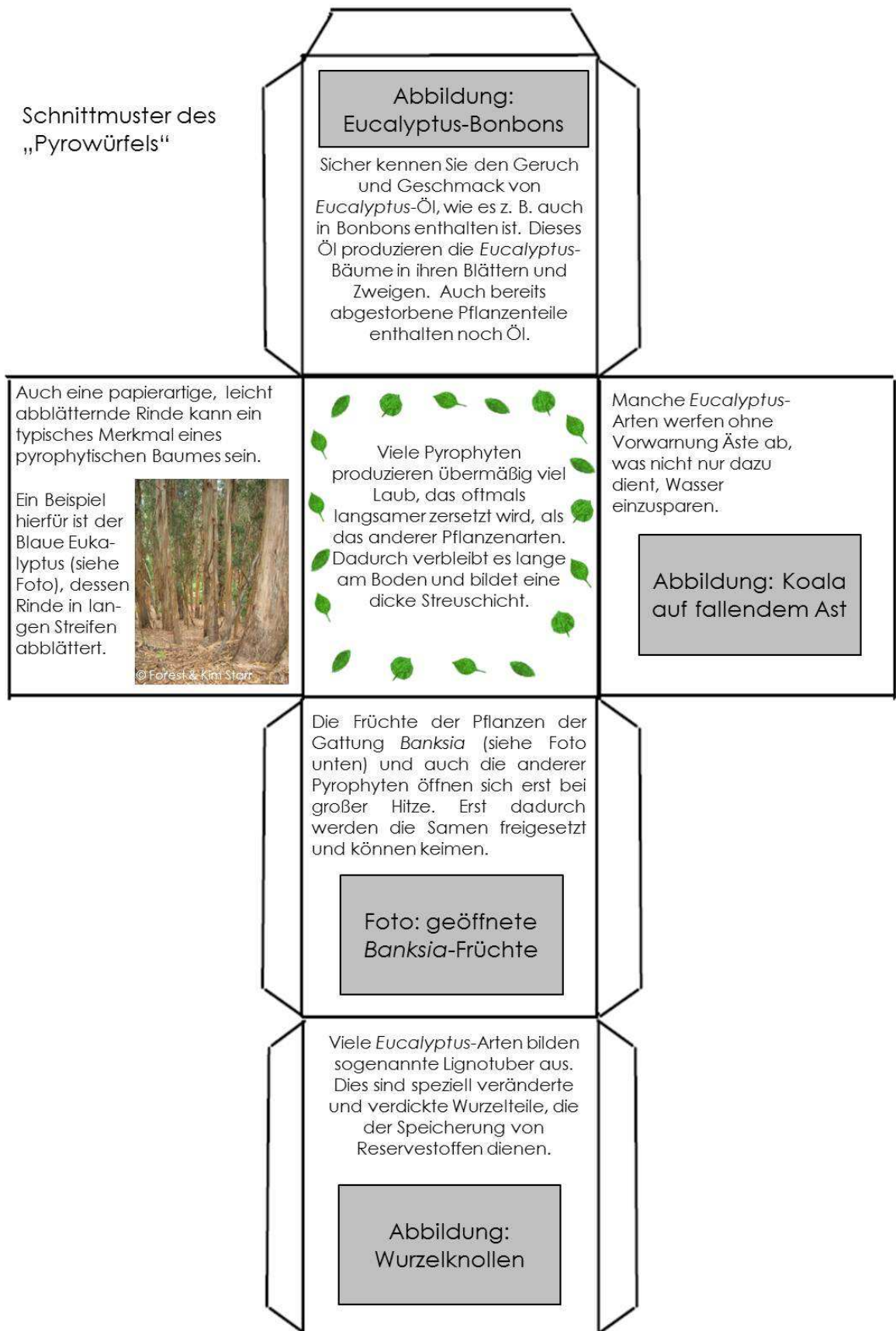


Wie überall auf der Welt, wird der Klimawandel auch in Australien zu spüren sein. In diesem Nachrichtentext können Sie die Meinung von Experten dazu lesen:

---Klimawandel verstärkt Probleme---

Laut WWF wird die Erwärmung des Klimas zu noch schlimmeren Trockenheiten und Feuern in Australien führen. Für Sydney geht die Organisation von einem Temperaturanstieg von 4,8 Grad Celsius bis zum Jahr 2070 aus. Die derzeit in Australien herrschenden Temperaturen von bis zu 45 Grad seien selbst für dortige Verhält-

nisse außergewöhnlich, sagte der Kieler Klimaforscher Mojib Latif: "Dürre gibt es dort ja oft, aber das sind schon Rekordtemperaturen". Wissenschaftlern zufolge dürfte Australien zu den am meisten vom Klimawandel betroffenen Ländern gehören. (ARD, 9. Februar 2009)





Der Wald von morgen -1-



! An dieser Station erhalten Sie einen Einblick in die Zukunft der deutschen Forstwirtschaft.

Die Gegenwart

Wegen ihres schnellen Wuchses und ihrer hohen Produktivität ist die **Fichte** (*Picea abies*) derzeit der wichtigste Forstbaum in Deutschland. In Bayern liegt ihr Anteil am gesamten Baumbestand bei 43,8%.

Der häufigste bayrische Laubbaum mit einem Anteil von 12,2% am Gesamtbaumbestand ist die **Buche** (*Fagus sylvatica*).

Durch den Klimawandel wird sich die mittlere Temperatur in Bayern erhöhen und weniger Niederschlag fallen. Diese Veränderungen wirken sich auch auf die Wälder aus.

Foto: Fichtenforst

Oben:
Fichtenforst;
rechts:
Buchenwald

Foto: Buchenwald

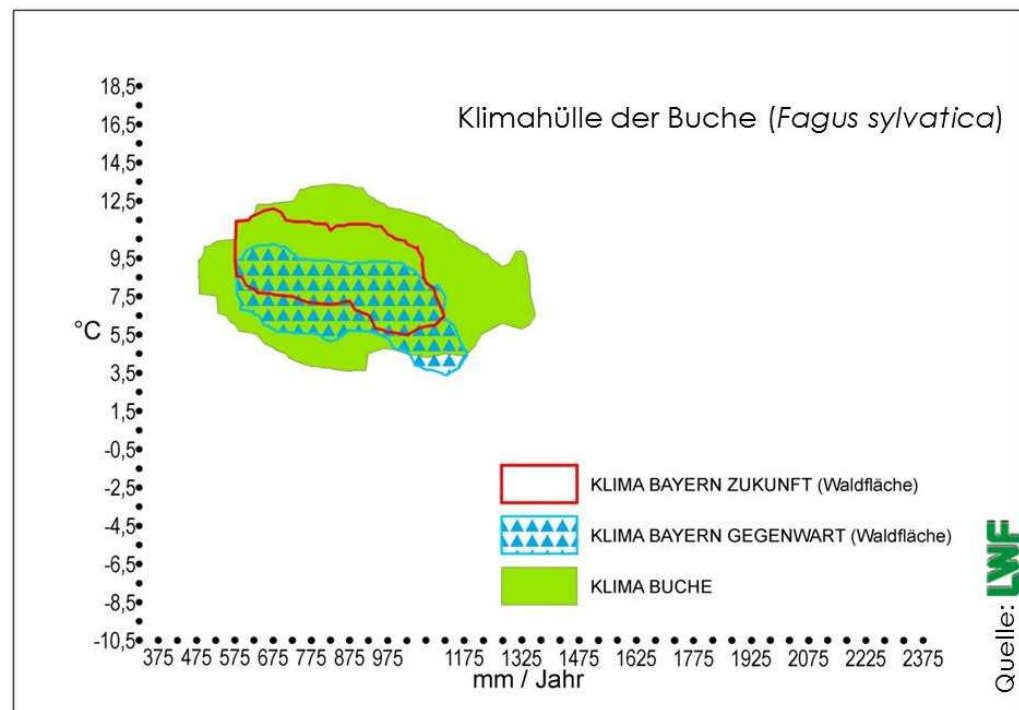
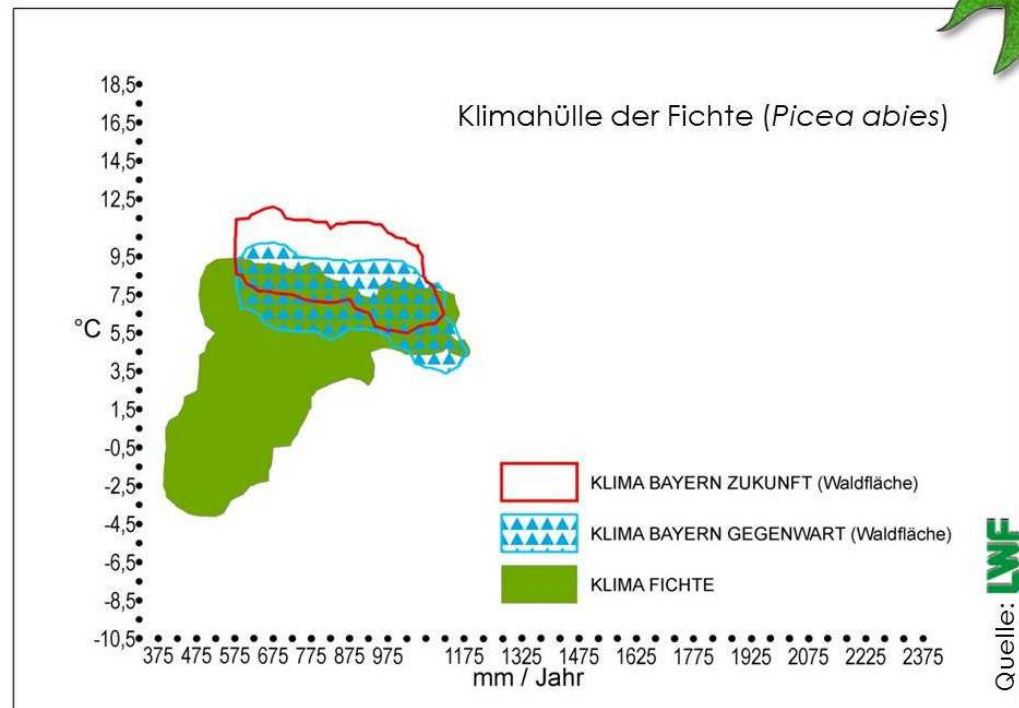
Die Zukunft

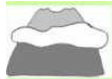
Durch den **Klimawandel** wird sich die mittlere Temperatur in Bayern erhöhen und weniger Niederschlag fallen. Jede Baumart reagiert ganz unterschiedlich auf solche Veränderungen. Wie genau, kann man nicht mit Sicherheit sagen, denn Temperatur und Niederschlag sind nur 2 von vielen Faktoren, die Einfluss auf das Wachstum von Bäumen nehmen.

Einige unserer Baumarten werden mit den neuen klimatischen Bedingungen nicht zurecht kommen und für die Forstwirtschaft nicht mehr rentabel sein. Forscher versuchen deshalb mit **Versuchsanbauten** verschiedener, auch nicht heimischer Baumarten herauszufinden, welche dieser Arten in Zukunft in Bayern und Deutschland anbaufähig sein werden.



Der Wald von morgen -2-





Über den Wolken... -1-

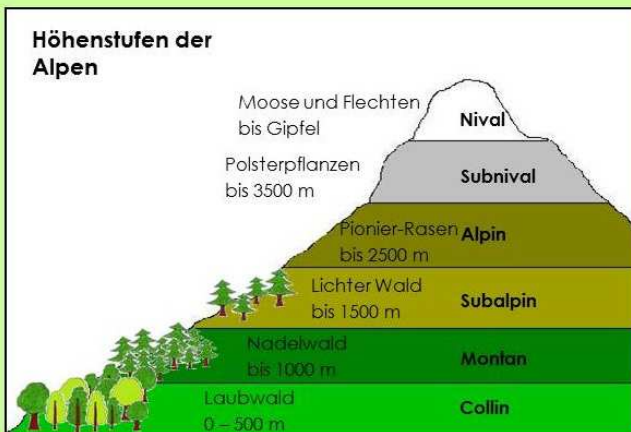


! An dieser Station lernen Sie das Ökosystem **Gebirge** kennen.

Gebirge gibt es auf allen Kontinenten der Erde. In Europa befinden sich die höchsten Gipfel in den **Alpen**, die sich in einem leichten Bogen über 8 Länder, u. a. Deutschland, erstrecken.



© Sebastian Risse



Gebirge zeichnen sich durch ein sehr variables Klima aus. Je nach Höhenlage und Hangausrichtung können die klimatischen Bedingungen sehr unterschiedlich sein.

Die Gebirgsflora lässt sich deshalb entlang eines **Höhengradienten** anordnen (siehe nebenstehende Schemazeichnung).

Oberhalb der Baumgrenze (1500m - 1800m) können Bäume auf Grund der klimatischen Bedingungen (niedrige Temperaturen, starker Wind) nicht mehr wachsen. In der sogenannten **alpinen Stufe** (bis 2500m) findet man daher hauptsächlich krautige Pflanzen. Sie sind an die rauen Bedingungen besonders angepasst:

Viele alpine Pflanzen haben **tiefreichende Wurzeln**. Trotz der zum Teil starken Erosion an den Berghängen bleiben sie so aufrecht stehen und gelangen an Nährstoffe und Wasser.

Mit **immergrünen Blättern** können die Pflanzen sofort Fotosynthese betreiben sobald die Temperaturen den Nullpunkt überschreiten und sie nicht mehr von Schnee bedeckt sind.

Oftmals haben alpine Pflanzen auch **behaarte Blätter**. Dies ist ein Schutz gegen Austrocknung in trockeneren Perioden. Die Haare verhindern, dass die feuchte Luft in den Stomata durch Wind ausgetrocknet wird.

Ein **niedriger Wuchs** bietet Schutz vor Wind und ermöglicht im Winter eine komplette Bedeckung mit Schnee. Die Schneedecke wirkt als Isolierung gegen die Kälte.

In den Gebirgsregionen kommen weniger bestäubende Insekten vor als in tieferen Gebieten. Durch **auffällige Blütenstände** versuchen die Pflanzen, diese anzulocken. Oft sind die Blüten **blau oder lila**. So erwärmen sie sich durch Sonneneinstrahlung stärker und wirken für besonders für die häufig vorkommenden Hummeln attraktiver.





Über den Wolken... -2-



© Sebastian Risse



Der Klimawandel macht auch vor den Gebirgsregionen nicht halt. Die **wärmeren Temperaturen** ermöglichen es Bäumen und anderen Arten in höhere Lagen zu wandern, wo sie die speziell angepassten alpinen Arten verdrängen. Dass durch die wärmeren Temperaturen die **Gletscher** schmelzen, ist schon allgemein bekannt, doch auch die **Schneemenge** nimmt ab. Das hat gleich mehrere Folgen:

- ☛ weniger Eisbildung aus Schnee an den Gletschern
- ☛ weniger Schmelzwasser im Frühling: Flüsse führen weniger Wasser
- ☛ Pflanzen werden nicht mehr komplett von Schnee bedeckt.

Weniger Schneefall im Winter hat nicht nur für die Natur Auswirkungen. Ein wichtiger Wirtschaftszweig in den Alpen ist der **Skitourismus**. Viele Orte sind fast ausschließlich auf diesen Tourismusweig ausgerichtet und somit auch wirtschaftlich auf Skitouristen angewiesen.



© Sebastian Risse



UNIVERSITÄT
BAYREUTH
Daniela Sellmann

© Sebastian Risse

Doch auch hier machen sich die geringeren Schneemengen schon bemerkbar. Um den Skibetrieb aufrecht zu erhalten und wirtschaftliche Einbußen zu verhindern, kommen in vielen Skigebieten Schneekanonen (siehe Bild links) zum Einsatz. Gewöhnliche Schneekanonen benötigen Temperaturen unter 0°C, um aus Wasser Schnee zu produzieren. Doch diese Temperaturen werden in Zukunft gerade in niedrigeren Lagen nicht mehr erreicht werden.

Mehr Power!



! An dieser Station lernen Sie die **Energiepflanzen** kennen.

Wie der Name schon vermuten lässt, werden Energiepflanzen zur Gewinnung von Energie genutzt. Im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen, die nur begrenzt vorliegen, wachsen sie immer wieder nach und gehören somit zu den **nachwachsenden Rohstoffen** (kurz: Nawaros). Energiegewinnung aus Pflanzen ist deshalb **nachhaltig**: es wird immer nur so viel entnommen, wie auch nachwachsen kann.

Drei Arten von Energie können aus Nawaros gewonnen werden: Wärme, Strom und Kraftstoffe (z. B. Biodiesel).

Abbildung:
Kreislauf

In Deutschland ist der **Mais** (*Zea mays*) zur Zeit eine der wichtigsten Energiepflanzen, da die Pflanze sowohl genutzt werden kann, um in Biogasanlagen Strom und Wärme zu produzieren, als auch um Biokraftstoff herzustellen.

Abbildung: Mais als
Biokraftstoff

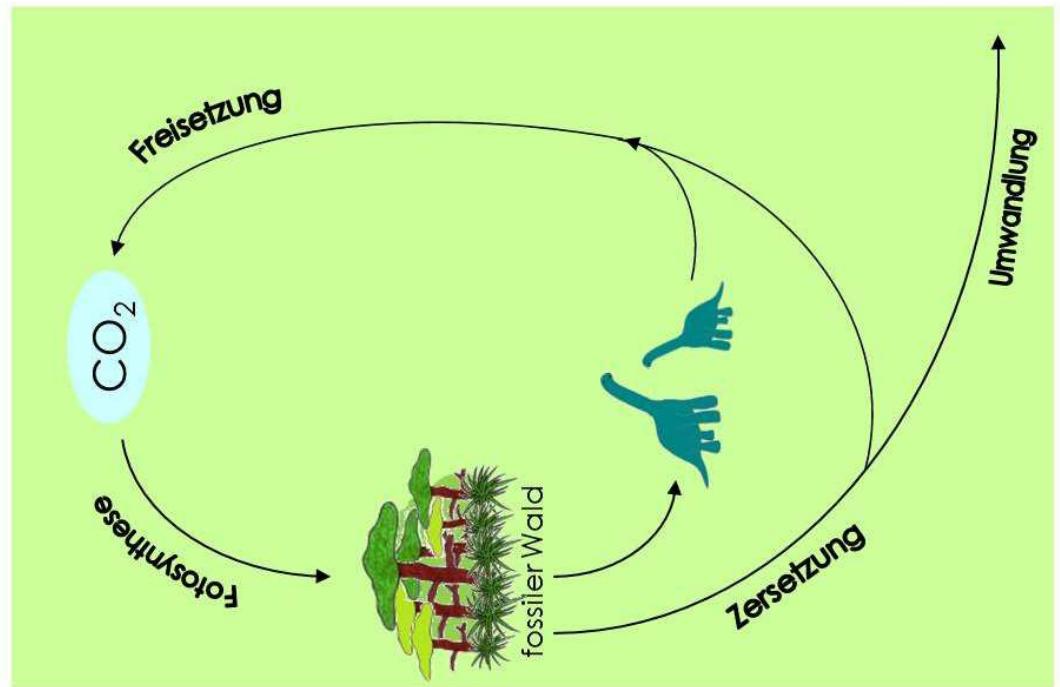
Der Anbau von Mais bringt allerdings einige **Probleme** mit sich. Da Mais eine einjährige Pflanze ist, kommt es auf den Feldern im Winter verstärkt zu Bodenerosion. Der Einsatz von Landmaschinen zum jährlichen Ausbringen der Saat sowie zur Düngung tragen zu einer Verdichtung des Bodens bei. Mais entzieht dem Boden viele Nährstoffe und sorgt somit für ein Auslaugen des Bodens. Außerdem ist die Pflanze empfindlich gegenüber Frost und Schädlingen.

Forscher versuchen deshalb, Pflanzen zu finden, die den Mais als Haupt-Energiepflanze in Zukunft ablösen können. Auch an der Universität Bayreuth beschäftigt sich eine Forschergruppe mit diesem Thema und testet mehrjährige wild wachsende Staudenpflanzen, wie zum Beispiel den **Gelben Kronbart** (*Verbesina alternifolia*) im Versuchsanbau.

Abbildung: Forscher am
Beet

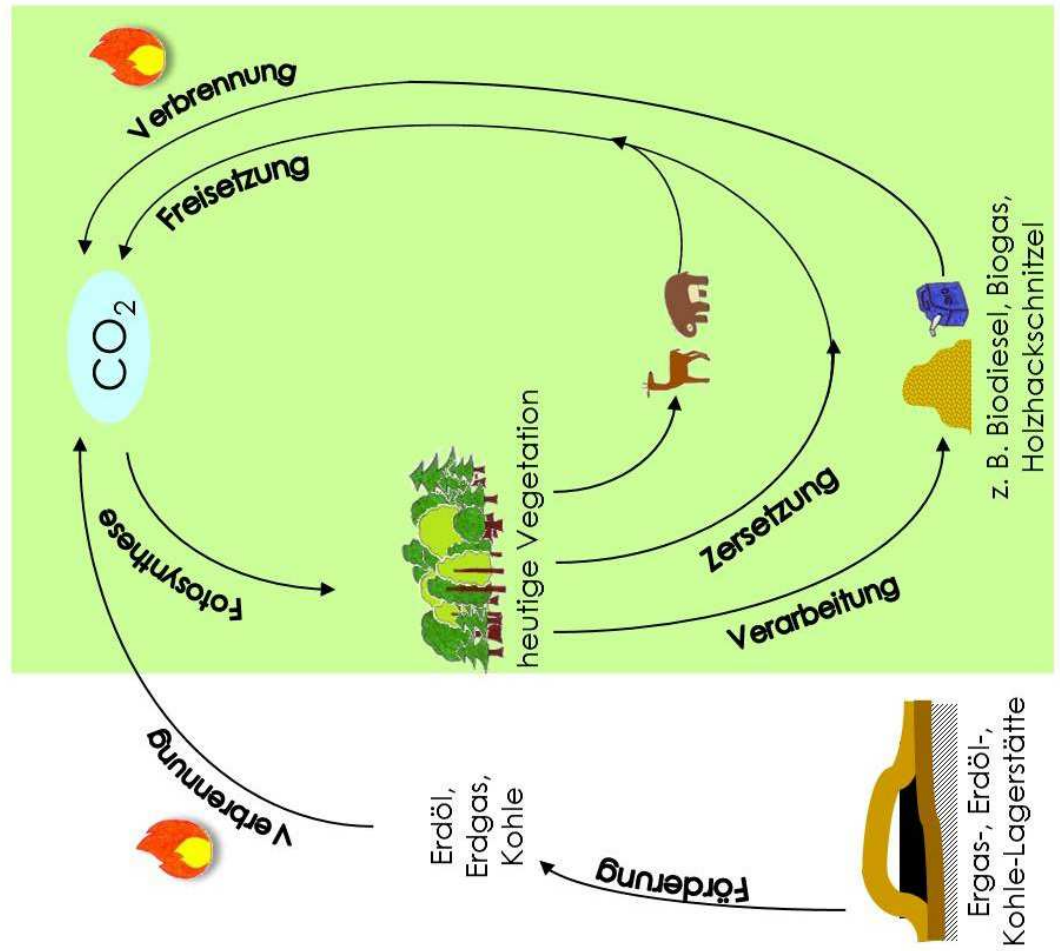
1. Entstehung der fossilen Brennstoffe
3. Nutzung fossiler Brennstoffe

Atmosphäre vor Jahrmillionen



2. Kreislauf des Kohlenstoffs (C) heute
4. **Nutzung von Energiepflanzen**

Atmosphäre heute





Klimawandel und unsere Vegetation

Klasse:

Bevor es los geht...

Dieses Klimaheft wird Sie heute durch den Ökologisch-Botanischen Garten begleiten. Hier finden Sie Aufgaben zu den einzelnen Stationen, die Sie mit Ihren Partnern/ Partnerinnen lösen dürfen.

Diese Symbole sollen Ihnen dabei helfen, sich auf den Infoblättern zurecht zu finden und die Aufgaben zu bearbeiten:



Notieren Sie!



Klima-Info



Ökosystem-Info



Beobachten Sie!



Info Gefährdungspotential



Diskutieren Sie!



Klimawandel-Info

Wichtig!

Gruppenarbeit: Arbeiten Sie in **4er- oder 5er-**Teams zusammen.

Stationen: Bearbeiten Sie immer **vollständig** eine Station nach der anderen. Achten Sie bitte darauf, dass Sie die Stationen so verlassen, wie Sie sie vorgefunden haben.

Reihenfolge: Die Stationen können Sie in beliebiger Reihenfolge bearbeiten. Bearbeiten Sie **als erstes** die Hauptstationen und **danach** die Zusatzstation.

Stationenplan: Haken Sie die Stationen ab, die Sie schon **vollständig** bearbeitet haben. Vergeben Sie bitte für jede Station eine **Note** und bewerten Sie, wie **schwierig** Sie die Station fanden. Den Stationenplan finden Sie auf der Rückseite des Klimaheftes.

Infoblätter: An jeder Station finden Sie zusätzlich zu anderen Materialien Infoblätter, die Sie mit dem Thema der Station vertraut machen. Lesen Sie immer **zuerst** das Infoblatt, bevor Sie mit der Bearbeitung der Aufgaben im Klimaheft beginnen!

Lösungsheft: Das Lösungsheft zu allen Stationen finden Sie im Eingangsbereich der Gewächshäuser. Sie können dort Ihre Ergebnisse selbst kontrollieren und mit einem andersfarbigen Stift korrigieren.



Tropisch!



1a) Was unterscheidet ein Tages- von einem Jahreszeitenklima?



1b) Vergleichen Sie die beiden Klimadiagramme. Welches stellt das Klima in Bayreuth, welches das in Porto Velho (Brasilien) dar? Beschriften Sie!



2a) Überlegen Sie, warum der tropische Regenwald als Kohlenstoffspeicher dient & notieren Sie Ihre Vermutungen. Tipp: Denken Sie an die Fotosynthesegleichung!



2b) Was passiert wohl mit dem gebundenen Kohlenstoff, wenn der Regenwald gerodet wird?



3) Wie wirkt der tropische Regenwald auf das globale Klima? Bringen Sie die Sätze in die richtige Reihenfolge, indem Sie ihnen die Ziffern 1 bis 5 zuordnen. Nehmen Sie die ausliegende Schemazeichnung zu Hilfe!

Die feuchtwarme Luft steigt nach oben und kühlt sich ab. Dabei wird Wärme frei.

Durch den hohen Strahlungseinfall und die hohe Temperatur haben die Pflanzen des tropischen Regenwaldes eine **hohe Transpirationsrate**.

Wärme und Feuchtigkeit strömen nach Norden und Süden in die subtropischen Gebiete.

Massive Wolkenformationen bilden sich und regnen über dem Regenwald ab. Diese starken Niederschläge bezeichnet man aufgrund der Position der Sonne am Äquator als **Zenitalregen**.

Da durch die abfließenden Luftmassen eine Art Sog entsteht, strömen an der Erdoberfläche Winde in Richtung Äquator. Diese Winde nennt man **Passate**.



Tropisch!



4) Einer der limitierendsten abiotischen Faktoren im tropischen Regenwald ist das **Licht**. Durch das dichte Blätterdach des Waldes erreicht nur noch ca. 1 % des Sonnenlichtes den Boden.

4a) Diskutieren Sie, welche Möglichkeiten Regenwaldpflanzen haben, um an Licht zu kommen und notieren Sie Ihre Gedanken in Stichworten:



4c) Wenn Sie sich umschauen, finden Sie in Ihrer Umgebung einige Bromelien. Sie gehören zu den Aufsitzerpflanzen (**Epiphyten**). Schauen Sie sich die Pflanzen an und überlegen Sie, wie sie wohl an Nährstoffe und Wasser gelangen! Schreiben Sie Ihre Vermutungen auf:





Bromelie im ecuadorianischen Bergregenwald

5a) Was sind die beiden Hauptursachen für die Gefährdung der tropischen Regenwälder?



5b) Auf den Infoblättern finden Sie Informationen dazu, warum der tropische Regenwald abgeholzt wird. Es gibt viele gute Gründe, den Regenwald zu schützen, doch auch die Verantwortlichen für die Entwaldung haben Argumente für ihr Handeln. Diskutieren Sie in der Gruppe beide Sichtweisen und schreiben Sie jeweils drei Hauptargumente auf.

Contra Abholzung	Pro Abholzung

Zusatzaufgabe!

→ Warum nennt man die tropischen Gebiete auch die „Antriebsaggregate“ der Atmosphäre? Notieren Sie Ihre Vermutung!





Spiel mit dem Feuer



1a) Nicht nur in Australien findet man aride Gebiete. Schauen Sie auf Ihre Weltklimakarte: auf welchem Kontinent dominieren die ariden Klimate ebenfalls?



1b) Welche klimatischen Eigenschaften haben die ariden Gebiete der beiden Kontinente gemeinsam? Kreuzen Sie an!

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Es gibt wenig Niederschläge. | <input type="checkbox"/> Es herrscht eine geringe Luftfeuchtigkeit. |
| <input type="checkbox"/> Häufig treten starke Stürme auf. | <input type="checkbox"/> Tagsüber herrschen hohe Temperaturen. |
| <input type="checkbox"/> Die Luftfeuchtigkeit ist sehr hoch. | <input type="checkbox"/> Es kann zu heftigen Schneefällen kommen. |
| <input type="checkbox"/> Die Temperaturen sinken nachts oft stark ab. | <input type="checkbox"/> Es regnet oft und viel. |

1c) Welche Pflanzentypen könnten wohl in ariden Gebieten überleben? Kreuzen Sie an!

Abbildung: Gras	Abbildung: Schilfrohr		Abbildung: Löwenzahn	Abbildung: Baum
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2) Überlegen Sie sich, welche Auswirkungen ein Buschfeuer auf einen *Eucalyptus*-Wald in Australien haben könnte. Welche Teile der Pflanzen sind wohl am wenigsten geschützt und deshalb am meisten vom Feuer betroffen? Bringen Sie die Begriffe in die richtige Reihenfolge!

Am meisten betroffen

Am wenigsten betroffen

Blüten

Äste

Stamm

Wurzeln

Früchte

Blätter



Spiel mit dem Feuer



- 3a) *Eucalyptus* und *Banksia* sind typische Pyrophyten. Schauen Sie sich die Pflanzen an und beschreiben Sie je 2 auffällige Merkmale.

<i>Eucalyptus</i>	<i>Banksia</i>
1.	1.
2.	2.

- 3b) Auf dem ausliegenden „**Pyro-Würfel**“ finden Sie typische Eigenschaften des *Eucalyptus* und anderer Pyrophyten. Würfeln Sie dreimal und geben Sie eine Vermutung ab, warum die gewürfelte Eigenschaft in einem Ökosystem, das von Buschfeuern betroffen ist, eine nützliche Anpassung darstellt. Denken Sie daran, dass viele Pyrophyten direkt auf das Feuer angewiesen sind! Schreiben Sie Ihre Vermutung auf und ordnen Sie die Nummer der Antwort dem passenden Symbol zu.

Abb.: Bonbons

Abb.: Koala

Foto: geöffnete Banksia-Früchte

Abb.: Wurzelknollen

1.

2. _____

3. _____

- 4a) Lesen Sie den Nachrichtentext auf dem Infoblatt. Fassen Sie in Stichworten zusammen, welche Auswirkungen des Klimawandels Experten für Australien befürchten. Haben Sie eigene Ideen, was passieren könnte?



- 4b) Pflanzen brauchen CO₂, um Fotosynthese zu betreiben. Was könnte die erhöhte Verfügbarkeit von CO₂ in der Atmosphäre für die australischen Feuerökosysteme bedeuten? Kreuzen Sie an! Nur eine Antwort ist richtig!

<p>Die erhöhte CO₂-Konzentration hat keinerlei Auswirkungen auf die Pflanzen, weshalb die Feuerökosysteme dadurch nicht beeinflusst werden.</p> <p><input type="checkbox"/></p>	<p>Die Fotosyntheserate steigt an, wodurch sich das Pflanzenwachstum erhöht und mehr brandfördernde Streu erzeugt wird. Dies verstärkt die Feuergefahr zusätzlich.</p> <p><input type="checkbox"/></p>
<p>Da die <i>Eucalyptus</i>-Arten durch hohe CO₂-Konzentrationen geschädigt werden, könnte es in Australien zu einem großen Waldsterben kommen.</p> <p><input type="checkbox"/></p>	<p>Die großen CO₂-Mengen überlasten den Fotosyntheseapparat und die Pflanzen wachsen wesentlich schlechter. Die brandfördernde Streu geht zurück, Ausbreitung und Entstehung von Bränden wird erschwert.</p> <p><input type="checkbox"/></p>



Der Wald von morgen



- 1) Klimahüllen zeigen, wie eine Baumart in Abhängigkeit von Niederschlag und Temperatur vorkommen kann. Schauen Sie sich die Klimahüllen für Fichte und Buche auf dem Infoblatt 2 an.
- 1a) Wie stimmen das gegenwärtige und das zukünftige Klima in Bayern mit der Klimahülle der beiden Baumarten überein?

	Gegenwärtiges Klima	Zukünftiges Klima
Fichte (<i>Picea abies</i>)		
Buche (<i>Fagus sylvatica</i>)		

- 1b) Welche der beiden Baumarten sollte man im Hinblick auf den Klimawandel nicht mehr so stark anbauen und warum?



- 2) Warum ist es schon jetzt wichtig, über Baumarten für die Zukunft nachzudenken, obwohl die Klimaänderungen noch keine akute Gefährdung für unsere Wälder darstellen? Denken Sie an die Wachstumszeit von Bäumen!




- 3) Aus welchen klimatischen Gebieten könnten nicht heimische Baumarten für Versuchsanbauten heran gezogen werden. Denken Sie daran, wie das Klima in Zukunft bei uns aussehen wird.





Über den Wolken...




- 1a)  Wie sind alpine Pflanzen an Wind und Kälte in den Bergen angepasst? Nennen Sie 3 Merkmale und beschreiben Sie in Stichworten deren Funktion(en).



	Anpassung	Funktion(en)
1.		
2.		
3.		

- 1b)  Schauen Sie sich in Ihrer unmittelbaren Umgebung um und identifizieren Sie drei verschiedene alpine Pflanzenarten anhand ihrer charakteristischen Anpassungen an die klimatischen Bedingungen ihres Lebensraumes. Tragen Sie jeweils den Namen der Pflanze und die Art der Anpassung(en) in die Tabelle ein.

	Name der Pflanzenart	Anpassung(en)
1.		
2.		
3.		

- 2a)  Nennen Sie in Stichworten zwei Auswirkungen des Klimawandels auf die alpine Höhenstufe und ihre Bedeutung für die alpinen Pflanzen.



- 3a)  Diskutieren Sie in Ihrer Gruppe die Folgen des Klimawandels auf den Skitourismus. Erläutern Sie kurz, ob Schneekanonen auf Dauer wirtschaftliche Einbußen der Ortschaften in den Skigebieten verhindern können. 



- 3b) Überlegen Sie sich in der Gruppe alternative Möglichkeiten zur Sicherung der wirtschaftlichen Lage in diesen Gebieten. Notieren Sie kurz Ihre Ideen.



Mehr Power!



1a) Was versteht man unter dem Begriff Nachhaltigkeit?




1b) Was kennzeichnet nachwachsende Rohstoffe und fossile Brennstoffe im Hinblick auf ihre Nachhaltigkeit? Kreuzen Sie an! Mehrere Antworten sind richtig!

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Die Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe ist begrenzt. Ihre Nutzung ist deshalb nicht nachhaltig. | <input type="checkbox"/> Fossile Brennstoffe werden ständig nachgebildet und ihre Nutzung ist deshalb nachhaltig. |
| <input type="checkbox"/> Die Nutzung von Nawaros ist nicht nachhaltig, da sie nur sehr langsam nachwachsen. | <input type="checkbox"/> Nawaros können immer wieder neu angebaut werden, so dass eine nachhaltige Nutzung möglich ist. |

2) Welche Formen der Energie können aus Nawaros gewonnen werden?



3a) Schauen Sie sich die ausliegende Mappe an. 

3b) Vervollständigen Sie den folgenden Lückentext. 

- Die fossilen Wälder fixierten vor Jahrmlionen _____ durch Fotosynthese. Durch Zersetzungs- und Umwandlungsprozesse wurden sie zu _____ wie Ergas, Erdöl und Kohle, in denen das CO₂ weiterhin gebunden ist.
- Auch heute fixieren Pflanzen CO₂ aus der _____, das beim Absterben der Pflanzen oder der Tiere, die sich direkt oder indirekt von diesen ernähren, wieder frei wird. Dies ist ein Teil des _____-Kreislaufs.
- Der Mensch fördert heute die fossilen Brennstoffe und nutzt sie zur Gewinnung von _____. Kohle, Erdgas und Erdöl dazu werden verbrannt, wodurch das CO₂, das vor Jahrmlionen der Atmosphäre entnommen wurde, nun innerhalb kurzer Zeit wieder _____ wird.
- Verschiedene Pflanzen können heute verarbeitet und zur Energiegewinnung genutzt werden. Bei den dazu notwendigen _____prozessen wird das zuvor gebundene CO₂ freigesetzt. Die Energiegewinnung aus _____ fügt sich in den natürlichen Kohlenstoffkreislauf ein.

Mehr Power!



4a) Schauen Sie sich den Gelben Kronbart an und beschreiben Sie 3 äußerliche Charakteristika der Pflanze (z. B. Blattform, Blüte, Wuchs ...).

1. 

2.

3.

4b) Welche Vorteile hat der Gelbe Kronbart in Bezug auf die Nutzung als Energiepflanze im Gegensatz zum Mais? Nehmen Sie den Infotext zu Hilfe und stellen Sie selbst Vermutungen an!



Wenn Sie bis hierhin alle Stationen bearbeitet haben, können Sie jetzt noch die **Zusatzstation** auf der folgenden Seite bearbeiten!

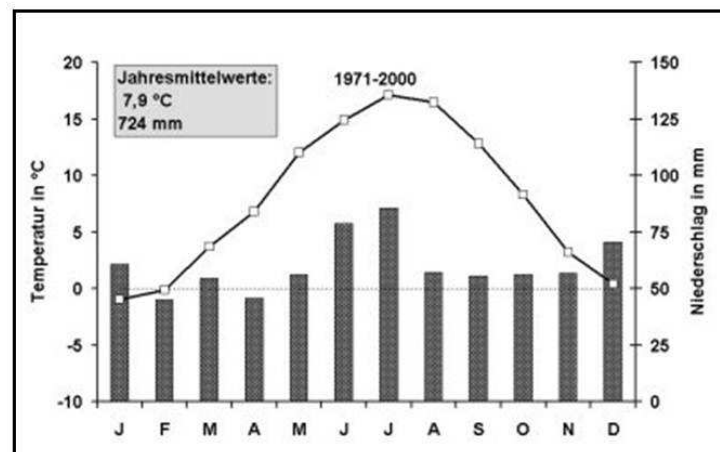
Zusatzstation: Wetterfrosch

Z

- 1a)** Lesen Sie am Display der Wetterstation die aktuellen Werte für Temperatur und Niederschlag ab und notieren Sie Werte und Messdatum.

Datum, Uhrzeit	
Temperatur in °C	
Niederschlag in mm	

- 1b)** Lesen Sie aus dem Klimadiagramm für die Wetterstation im Ökologisch-Botanischen Garten die ungefähren Werte für Temperatur und Niederschlag für diesen Monat ab. Wie unterscheidet sich das heutige Wetter von den über 30 Jahre gemittelten Werten, die im Klimadiagramm abgebildet sind?



Quelle: http://www.obg.uni-bayreuth.de/de/Klima_und_Wetter/index.html

	Werte aus dem Klimadiagramm	Differenz zu den aktuellen Werten
Temperatur in °C		
Niederschlag in mm		

Die heutige Temperatur ...

- ☐ ... ist höher als im 30jährigen Mittel.
- ☐ ... ist niedriger als im 30jährigen Mittel.
- ☐ ... entspricht ungefähr dem 30jährigen Mittel.

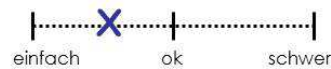
Der heutige Niederschlag ...


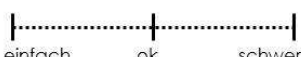
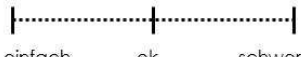
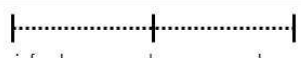
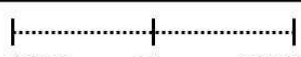
- ☐ ... liegt höher als im 30jährigen Mittel.
- ☐ ... liegt niedriger als im 30jährigen Mittel.
- ☐ ... entspricht ungefähr dem 30jährigen Mittel.

Stationenplan

! Hier finden Sie einen Überblick über alle Stationen und können abhaken, welche Sie schon erledigt haben.

- Bitte benoten Sie die Stationen: 1 (= sehr gut gefallen) bis 6 (= gar nicht gefallen).
- Bitte beurteilen Sie die Schwierigkeit der Stationen. Kreuzen Sie dazu eine Stelle auf der gestrichelten Linie an:


 einfach ok schwer

Station	Titel	erledigt	Note	Schwierigkeit
1	Tropisch!			
2	Spiel mit dem Feuer			
3	Der Wald von morgen			
4	Über den Wolken...			
5	Mehr Power!			
Z	Zusatzstation: Wetterfrosch			

Arbeitsmaterial Modul 3: Ab ins Labor!

Forschergruppe 1: Albedo

Infobox

Oberflächen strahlen das Licht, das auf sie trifft, zum Teil zurück, zum Teil absorbieren sie es und wandeln es in langwellige Wärmestrahlung um (siehe Abbildung). Je nachdem, ob sie eher hell oder dunkel sind, geschieht dies mehr oder weniger stark. Das Rückstrahlvermögen einer Oberfläche bezeichnet man als **Albedo**. Je größer die Albedo, desto mehr strahlt eine Oberfläche zurück und desto weniger erwärmt sie sich. Dieser Effekt ist vor allem im Hinblick auf das Klima interessant.



Schemazeichnung Albedo-Effekt



Da durch den Klimawandel die Eismassen abschmelzen, werden helle Oberflächen auf der Erde immer weniger. Was bedeutet dies für die Albedo des Planeten?

Experiment

Entwerfen Sie mit Hilfe der ausliegenden Materialien ein Experiment, mit dem Sie den Albedo-Effekt nachweisen können. Versuchen Sie herauszufinden, welche Oberflächen besonders gut reflektieren, also eine hohe Albedo haben.

Falls Sie nicht weiter kommen, fragen Sie einen der Betreuer um Hilfe. Versuchen Sie es dennoch zunächst auf eigene Faust!

Protokollieren Sie Ihre Ergebnisse in einer **Tabelle** und erstellen Sie aus den Werten ein **Diagramm**!

Bereiten Sie für Ihre MitschülerInnen eine 5 bis 10minütige **Präsentation** vor, die wie folgt gegliedert sein sollte:

- Inhaltliche Einleitung
- Vorstellung des Versuchsaufbaus und Ihrer Ergebnisse
- Ihre Schlussfolgerungen.

Jedes Gruppenmitglied sollte einen kleinen Teil der Präsentation übernehmen.

Forschergruppe 2: Der Golfstrom

Infobox

Der Golfstrom ist eine Meeresströmung im Atlantik, die in nördlicher Richtung entlang der nord-europäischen Küste fließt (siehe Abbildung). Sie führt warmes Wasser aus den südlichen Regionen mit sich und trägt so auch in Deutschland zu einem gemäßigten Klima bei. Angetrieben wird der Golfstrom unter anderem durch die sogenannte **thermische Zirkulation**.

Abbildung:
Schemazeichnung Golfstrom mit
farblich gekennzeichnetem
Temperaturgefälle



Durch den Klimawandel schmelzen die Eismassen an den Polen ab. Was könnte dies für Auswirkungen auf den Golfstrom haben?

Experiment

Entwerfen Sie mit Hilfe der ausliegenden Materialien ein Experiment, mit dem Sie den Golfstrom nachbilden können. Falls Ihnen noch Zeit bleibt, überlegen Sie außerdem, wie man in Ihrem Modell die Auswirkungen des Klimawandels simulieren könnte.

Falls Sie nicht weiter kommen, fragen Sie einen der Betreuer um Hilfe. Versuchen Sie es dennoch zunächst auf eigene Faust!

Protokollieren Sie Ihre Ergebnisse in einer **Skizze**!

Bereiten Sie für Ihre MitschülerInnen eine 5 bis 10minütige **Präsentation** vor, die wie folgt gegliedert sein sollte:

- Inhaltliche Einleitung
- Vorstellung des Versuchsaufbaus und Ihrer Ergebnisse
- Ihre Schlussfolgerungen.

Jedes Gruppenmitglied sollte einen kleinen Teil der Präsentation übernehmen.

Forschergruppe 3: Land unter!

Infobox

Ein Großteil des Süßwassers auf der Erde ist in **Eismassen** gebunden. Diese Eismassen kommen zum Teil auf dem Land als Inlandeis (Gletscher der Hochgebirge und Polarregionen), zum Teil als Meereis (Eisberge) vor.

Foto: Eisberge im Polarmeer



Die globale Erwärmung lässt die Meerestemperatur steigen und die Eismassen der Erde abschmelzen. Wie genau wirken sich diese Faktoren auf den Meeresspiegel aus?

Experiment

Entwerfen Sie mit Hilfe der ausliegenden Materialien ein Experiment, mit dem Sie das Abschmelzen von Inland- und Meereis nachbilden können.

Überprüfen Sie in einem zweiten Experiment, ob die Temperaturerhöhung durch den Klimawandel einen Einfluss auf den Meeresspiegel haben könnte.

Falls Sie nicht weiter kommen, fragen Sie einen der Betreuer um Hilfe. Versuchen Sie es dennoch zunächst auf eigene Faust!

Abbildung:
Eiswürfel

Protokollieren Sie Ihre Ergebnisse in **Stichworten!**

Bereiten Sie für Ihre MitschülerInnen eine 5 bis 10minütige **Präsentation** vor, die wie folgt gegliedert sein sollte:


- Inhaltliche Einleitung
- Vorstellung des Versuchsaufbaus und Ihrer Ergebnisse
- Ihre Schlussfolgerungen.

Jedes Gruppenmitglied sollte einen kleinen Teil der Präsentation übernehmen.

Laborhefte Modul 3: Ab ins Labor!

Forscherguppe 1: Albedo

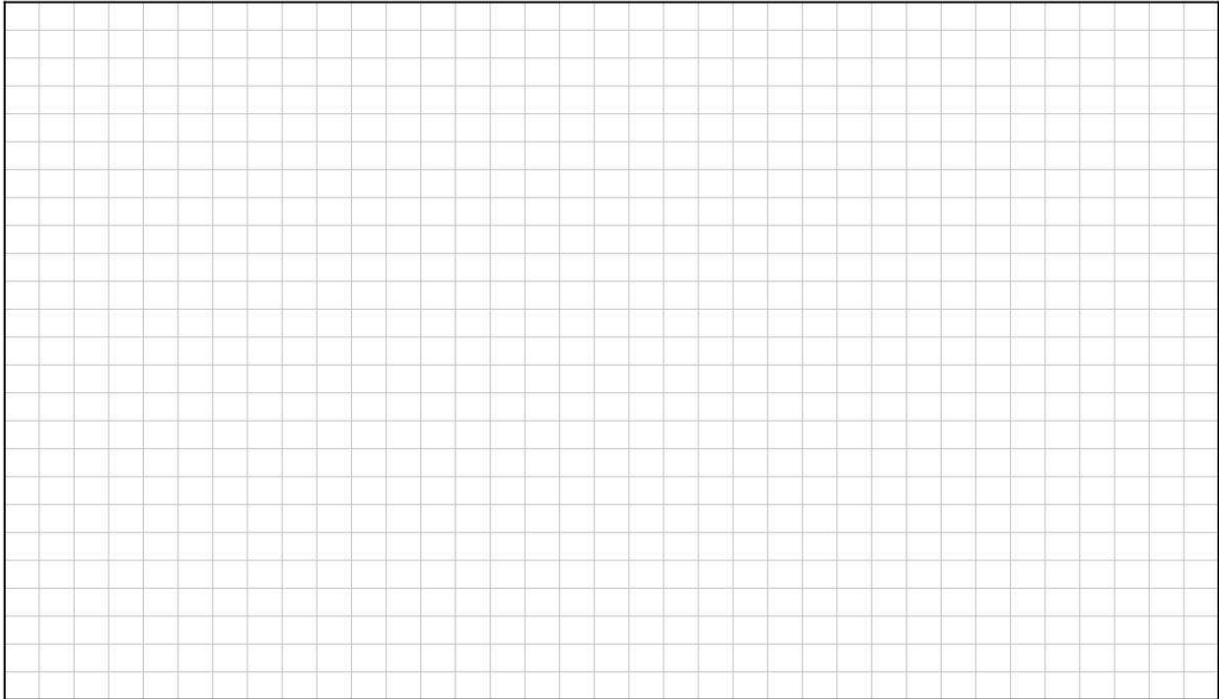
1) Skizzieren Sie hier Ihre Versuchsaufbau!



2) Halten Sie hier Ihre Messwerte in einer Tabelle fest! Die Messzeit sollte maximal 30 Minuten betragen!

Forscherguppe 1: Albedo

- 3) Erstellen Sie aus Ihren Daten ein Diagramm. Arbeiten Sie mit verschieden farbigen Stiften!



- 3) Was können Sie aus Ihren Ergebnissen im Hinblick auf den Klimawandel schließen?



Forscherguppe 2: Der Golfstrom

1) Skizzieren Sie hier Ihren Versuchsaufbau!

2) Halten Sie hier Ihre Beobachtungen in einer Skizze fest!

Forscherguppe 2: Der Golfstrom

- 3) Wie könnte man den Einfluss des Klimawandels in Ihrem Experiment berücksichtigen?



- 4) Überlegen Sie, welche Auswirkungen das Abschmelzen der Eismassen am Nordpol auf den Golfstrom haben könnte.



Forschergruppe 3: Land unter!

1) Skizzieren Sie hier Ihre Versuchsaufbauten!

<u>Experiment 1</u>	<u>Experiment 2</u>
---------------------	---------------------

2) Halten Sie hier Ihre Beobachtungen in Stichworten fest!

Experiment 1:

Experiment 2:

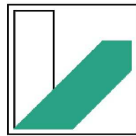
Forscherguppe 3: Land unter!

- 3)** Schließen Sie aus Ihren Experimenten, welche Faktoren den Anstieg des Meeresspiegels bedingen.



Fragebögen

Vortest



UNIVERSITÄT
BAYREUTH



Auf den nächsten Seiten werden Ihnen einige Fragen gestellt. Bitte beachten Sie dabei die folgenden Punkte:

- 🌱 Im ersten Teil des Fragebogens fragen wir Sie nach Ihrer ganz **persönlichen Situation und Meinung**.
 - Beantworten Sie die Fragen selbständig, ohne lange darüber nachzudenken.
 - Es gibt Fragen, die sich ähnlich sind. Lassen Sie sich dadurch nicht verwirren!
- 🌱 Im zweiten Teil des Fragebogens geht es um **Umweltwissen**. Wir sind uns bewusst, dass einige dieser Fragen schwierig sind. Versuchen Sie bitte dennoch, alle Fragen zu beantworten.
- 🌱 Verwenden Sie zum Ausfüllen des Fragebogens einen **Kugelschreiber** (keinen Bleistift).
- 🌱 Die Auswertung des Fragebogens erfolgt selbstverständlich streng vertraulich. Das heißt, dass wir im Nachhinein nicht mehr nachvollziehen können oder wollen, wer welchen Fragebogen beantwortet hat.

Los geht's!

Ihr Geschlecht ist?

männlich

weiblich

☐☐

Wie alt sind Sie?

Ihr persönlicher Code

Ihr persönlicher Code besteht aus Ihrer **Hausnummer** und den **ersten beiden Buchstaben des Namens Ihrer Mutter**.

Beispiel:

Hausnummer: 123



1	2	3	C	L
---	---	---	---	---

Name der Mutter: Claudia

Ihr persönlicher Code:

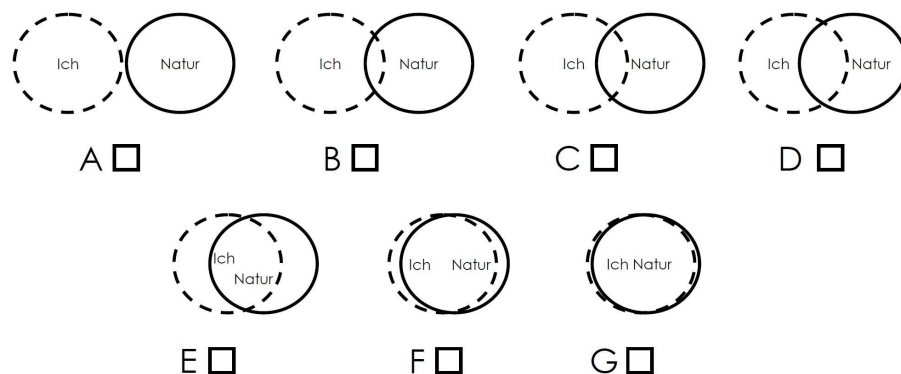
--	--	--	--	--

Geben Sie bei den folgenden Aussagen an, wie sehr Sie zustimmen oder ablehnen.
Antworten Sie ganz spontan und setzen Sie bitte nur 1 Kreuz!

Diese Aussage finde ich:	++ völlig richtig	+ ziemlich richtig	0 unent- schieden	- ziemlich falsch	-- völlig falsch
Ich denke darüber nach, wie das, was ich in den Naturwissenschaften lerne, hilfreich für mich ist.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich beteilige mich im Unterricht an Klassendiskussionen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Mensch muss mit der Natur in Harmonie leben, um überleben zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im Unterricht arbeite ich so hart, wie ich kann.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich spare Wasser, indem ich öfter dusche als ein Bad zu nehmen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es tut mir weh, wenn immer größere Teile der Landschaft dem Bau von Straßen und Häusern zum Opfer fallen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich finde es interessant, etwas zu naturwissenschaftlichen Themen zu lernen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mir macht es Spaß, im Unterricht neue Sachen zu lernen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich schalte im Zimmer das Licht aus, wenn ich es nicht mehr brauche.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Mensch hat das Recht, die Natur zu seinen Gunsten zu ändern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Was ich in den Naturwissenschaften lerne, hat für mich praktischen Nutzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wald sollte in Felder umgewandelt werden, um zum Beispiel Getreide anbauen zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich bin im Unterricht aufmerksam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unsere Gesellschaft wird auch die schlimmsten Umweltprobleme lösen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nur nützliche Pflanzen und Tiere sollten unter Schutz gestellt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im Unterricht höre ich sehr aufmerksam zu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Was ich in den Naturwissenschaften lerne, ist für mich wichtiger als die Note, die ich dafür bekomme.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wir müssen Gebiete unter Schutz stellen, um vom Aussterben bedrohten Pflanzen & Tieren helfen zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn wir im Unterricht an etwas arbeiten, bin ich interessiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich genieße es, am Rand eines Teiches zu sitzen und dabei zum Beispiel den Libellen im Flug zuzusehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich lerne gerne etwas zu naturwissenschaftlichen Themen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Umweltschutzgründe behindern viel zu oft den Fortschritt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Diese Aussage finde ich:	++ völlig richtig	+ ziemlich richtig	0 unent- schieden	- ziemlich falsch	-- völlig falsch
Es sollten mehr Straßen gebaut werden, damit mehr Menschen in die freie Natur fahren können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich strenge mich an, damit ich in der Schule gut bin.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das Verstehen von naturwissenschaftlichen Themen gibt mir das Gefühl, etwas geleistet zu haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich mag naturwissenschaftliche Themen, die mich fordern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Natur ist immer in der Lage, sich selbst zu regenerieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unterricht macht Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Was ich in den Naturwissenschaften lerne, ist für mein Leben relevant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es macht mir großen Spaß, selbst ins Grüne (Wald, Wiese) hinauszugehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Was ich in den Naturwissenschaften lerne, hat auch Bezug zu meinen persönlichen Zielen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unser Planet hat unbegrenzte Ressourcen (z. B. Trinkwasser, Holz, Kohle oder Erdöl).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn wir an etwas im Unterricht arbeiten, vertiefe ich mich in das Thema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich denke darüber nach wie ich das, was ich in den Naturwissenschaften lerne, im Alltag nutzen werde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich finde, dass sich die Menschen zu viele Gedanken über Umweltverschmutzung machen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich im Unterricht bin, fühle ich mich gut.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Betrachten Sie bitte die folgenden Kreise: Wie verbunden fühlen Sie sich mit der Natur?
Bitte setzen Sie nur 1 Kreuz!



Bei den folgenden Fragen/Aussagen ist Ihr **Wissen zu Umweltthemen** gefragt.
Nur eine Antwort ist richtig!

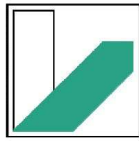
Welches dieser Lebensmittel ist am klimaschädlichsten?	Beim Absterben/Verbrennen von Bäumen wird...
<input type="radio"/> Apfel <input type="radio"/> Rindersteak <input type="radio"/> Kartoffel	<input type="radio"/> ... FCKW abgegeben. <input type="radio"/> ... Sauerstoff abgegeben. <input type="radio"/> ... Stickstoff abgegeben. <input type="radio"/> ... CO ₂ abgegeben.
Welcher der folgenden Prozesse verbraucht am meisten Energie, bis eine italienische Paprika in Deutschland im Supermarkt liegt?	Welche dieser Baumarten sollte man in Zukunft in Bayern auf Grund der prophezeiten Klimaentwicklung am wenigsten anpflanzen?
<input type="radio"/> Heizen des Treibhauses <input type="radio"/> Kühle Lagerung nach der Ernte <input type="radio"/> Transport mit LKW <input type="radio"/> Verpacken	<input type="radio"/> Kiefer <input type="radio"/> Fichte <input type="radio"/> Buche
Was bedeutet Nachhaltigkeit?	Auf welche umweltfreundlichere Einnahmequelle sollten alpine Regionen als Alternative zum Skitourismus umsteigen?
<input type="radio"/> Möglichst ertragreiche Nutzung von Ressourcen (z. B. Holz). <input type="radio"/> Die negativen Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt. <input type="radio"/> Nur soviel einer Ressource zu entnehmen, wie auch wieder nachwachsen kann.	<input type="radio"/> Auf Motorrad-Tourismus. <input type="radio"/> Auf Ökotourismus. <input type="radio"/> Es ist nicht notwendig, umzusteigen.
Ein PKW stößt gegenüber einem Bus pro Person auf 100 km...	Worauf sollte man achten, wenn man ein besonders energiesparendes Großelektrogerät wie z. B. einen Kühlschrank kaufen möchte?
<input type="radio"/> ... doppelt so viel CO ₂ aus. <input type="radio"/> ... gleich viel CO ₂ aus. <input type="radio"/> ... 4 mal so viel CO ₂ aus. <input type="radio"/> ... weniger CO ₂ aus.	<input type="radio"/> Auf die Herstellerfirma. <input type="radio"/> Auf eine gute Wärmeisolierung des Gerätes. <input type="radio"/> Auf die Angaben auf dem Energieeffizienzlabel der EU.
Was kann man tun, um einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten?	Welches dieser Gase ist hauptsächlich für den natürlichen Treibhauseffekt verantwortlich?
<input type="radio"/> Auf Atomenergie umsteigen. <input type="radio"/> Häufiger lüften. <input type="radio"/> Auf Bioenergie umsteigen.	<input type="radio"/> Kohlenstoffdioxid (CO ₂) <input type="radio"/> Distickstoffoxid (Lachgas) <input type="radio"/> Wasserdampf <input type="radio"/> FCKW
Was kann man tun, um die (tropischen) Regenwälder zu erhalten?	
<input type="radio"/> Auf Fleisch aus Nordamerika verzichten. <input type="radio"/> Plastikverpackungen recyceln. <input type="radio"/> Auf Fleisch aus Südamerika verzichten.	

Welchen Einfluss haben die tropischen Regenwälder auf das Klima der Erde?	Bei welcher Energieform wird am wenigsten CO ₂ ausgestoßen?
<input type="radio"/> Sie sorgen für eine gleichbleibende Erdtemperatur. <input type="radio"/> Sie treiben die Zirkulation der Erdatmosphäre an. <input type="radio"/> Sie haben keinen Einfluss auf das Klima.	<input type="radio"/> Atomkraft <input type="radio"/> Kohlekraft <input type="radio"/> Windkraft
Bei welchen Ausdrücken handelt es sich um Kennzeichen für Bio-Gemüse?	Welchen Einfluss hat der Klimawandel in Gebirgsregionen wie den Alpen?
<input type="radio"/> "aus kontrolliert-ökologischem Landbau" <input type="radio"/> "aus integriertem Landbau" <input type="radio"/> "aus umweltschonendem Landbau"	<input type="radio"/> Die Baumgrenze verschiebt sich in höhere Regionen. <input type="radio"/> Die Biodiversität nimmt ab. <input type="radio"/> Spezialisierte Pflanzenarten breiten sich aus.
Bei welchem Käse wurde bis zu seinem Verkauf in Deutschland am meisten CO ₂ ausgestoßen?	Wie nennt man den Boden in Gebieten, in denen er das ganze Jahr über gefroren ist?
<input type="radio"/> Bei konventionell hergestelltem Schweizer Käse. <input type="radio"/> Bei kontrolliert-ökologisch hergestelltem Käse aus Deutschland. <input type="radio"/> Bei konventionell hergestelltem Käse aus Deutschland.	<input type="radio"/> Semperfrostboden <input type="radio"/> Eternafrostboden <input type="radio"/> Permafrostboden
Welcher Lampentyp verbraucht bei gleicher Helligkeit am wenigsten Strom?	Was macht eine klimafreundliche Ernährung aus?
<input type="radio"/> Glühbirne <input type="radio"/> Halogenlampe <input type="radio"/> Leuchtstoffröhre	<input type="radio"/> Täglich Früchte zu sich zu nehmen. <input type="radio"/> Wenig bis gar kein Fleisch zu essen. <input type="radio"/> Viel Reis und Kartoffeln zu verzehren.
Wie kann man mit dem Anbau von Mais einen Beitrag zum Klimaschutz leisten?	Um im Haushalt Energie zu sparen, ist es sinnvoll...
<input type="radio"/> Indem man ihn zur Produktion von Bioenergie verwendet. <input type="radio"/> Indem man die Fasern zur Isolierung von Gebäuden nutzt. <input type="radio"/> Indem man ihn zu klimafreundlichen Textilfasern verarbeitet.	<input type="radio"/> ... Licht möglichst lang brennen zu lassen. <input type="radio"/> ... beim Lüften die Heizung abzdrehen. <input type="radio"/> ... immer ohne Deckel zu kochen.
Wie viele leistungsstarke Kraftwerke könnten in Deutschland eingespart werden, wenn jeder auf Stand-by-Betrieb bei Elektrogeräten verzichten würde?	Um etwas gegen den Treibhauseffekt zu tun, ist es sinnvoll,...
<input type="radio"/> Auf zwei Kraftwerke. <input type="radio"/> Auf ein Kraftwerk. <input type="radio"/> Auf kein Kraftwerk.	<input type="radio"/> ... Lebensmittel aus Übersee zu kaufen. <input type="radio"/> ... statt des Autos Bus und Bahn zu benutzen. <input type="radio"/> ... Lebensmittel mit dem Bio-Siegel zu kaufen.

Welcher Faktor bedingt unter anderem den Anstieg des Meeresspiegels durch den Klimawandel?	Ein Haushalt braucht die meiste Energie für...
<input type="radio"/> Erhöhte Niederschläge. <input type="radio"/> Die Ausdehnung des Meerwassers durch erhöhte Temperaturen. <input type="radio"/> Das Abschmelzen des Meereises.	<input type="radio"/> Beleuchtung <input type="radio"/> Warmwasser <input type="radio"/> Heizung <input type="radio"/> Elektrogeräte
Was kennzeichnet fossile Energien (so wie Kohle oder Öl)?	Was sind nachwachsende Rohstoffe?
<input type="radio"/> Sie sind in den letzten 100 Jahren entstanden. <input type="radio"/> Bei ihrer Umwandlung wird CO ₂ freigesetzt. <input type="radio"/> Sie stehen unbegrenzt zur Verfügung.	<input type="radio"/> Besondere Kristalle, die Energie speichern können. <input type="radio"/> Pflanzen, die als Rohstoffe in der Industrie oder zur Energiegewinnung verwendet werden. <input type="radio"/> Tiere, aus denen Brennstoff gewonnen wird.
Geben Sie bitte an, welche der folgenden Aussagen die richtige ist: Spargel aus Kalifornien ist besonders umweltbelastend, ...	Wovor schützt uns die Ozonschicht?
<input type="radio"/> ... weil Kalifornien für den Spargelanbau besonders ungünstig ist. <input type="radio"/> ... weil er besonders aufwendig verpackt ist. <input type="radio"/> ... weil der Transport mit dem Flugzeug übermäßig viel Energie verbraucht.	<input type="radio"/> Vor saurem Regen. <input type="radio"/> Vor der Erderwärmung. <input type="radio"/> Vor schädlichem, krebserregendem Sonnenlicht.
Das Pflügen von Äckern hat zur Folge, dass...	
<input type="radio"/> ... der Boden austrocknet. <input type="radio"/> ... der Boden verdichtet wird. <input type="radio"/> ... die Bodennährstoffe von Pflanzen nicht aufgenommen werden können.	

Geschafft! Vielen Dank, dass Sie an der Befragung teilgenommen haben!

Nachtest



UNIVERSITÄT
BAYREUTH



Wie im Treibhaus!

Auf den nächsten Seiten werden Ihnen einige Fragen gestellt. Bitte beachten Sie dabei die folgenden Punkte:

- 🌿 Im ersten Teil des Fragebogens fragen wir Sie nach Ihrer ganz **persönlichen Situation und Meinung**.
 - Beantworten Sie die Fragen selbständig, ohne lange darüber nachzudenken.
 - Es gibt Fragen, die sich ähnlich sind. Lassen Sie sich dadurch nicht verwirren!
- 🌿 Im zweiten Teil des Fragebogens geht es um **Umweltwissen**. Wir sind uns bewusst, dass einige dieser Fragen schwierig sind. Versuchen Sie bitte dennoch, alle Fragen zu beantworten.
- 🌿 Verwenden Sie zum Ausfüllen des Fragebogens einen **Kugelschreiber** (keinen Bleistift).
- 🌿 Die Auswertung des Fragebogens erfolgt selbstverständlich streng vertraulich. Das heißt, dass wir im Nachhinein nicht mehr nachvollziehen können oder wollen, wer welchen Fragebogen beantwortet hat.

Los geht's!

Ihr Geschlecht ist?

männlich

weiblich

☐☐

Wie alt sind Sie?

Ihr persönlicher Code

Ihr persönlicher Code besteht aus Ihrer **Hausnummer** und den **ersten beiden Buchstaben des Namens Ihrer Mutter**.

Beispiel:

Hausnummer: 123



1	2	3	C	L
---	---	---	---	---

Name der Mutter: Claudia

Ihr persönlicher Code:

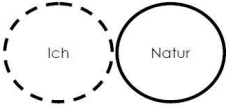
--	--	--	--	--

Geben Sie bei den folgenden Aussagen an, wie sehr Sie zustimmen oder ablehnen.
Antworten Sie ganz spontan und setzen Sie bitte nur 1 Kreuz!

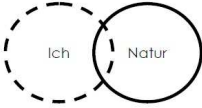
Diese Aussage finde ich:	++ völlig richtig	+ ziemlich richtig	0 unent- schieden	- ziemlich falsch	-- völlig falsch
Wald sollte in Felder umgewandelt werden, um zum Beispiel Getreide anbauen zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es tut mir weh, wenn immer größere Teile der Landschaft dem Bau von Straßen und Häusern zum Opfer fallen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im heutigen Unterricht habe ich mich gut gefühlt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich schalte im Zimmer das Licht aus, wenn ich es nicht mehr brauche.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es sollten mehr Straßen gebaut werden, damit mehr Menschen in die freie Natur fahren können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe mich im heutigen Unterricht an Gruppendiskussionen beteiligt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich denke darüber nach wie ich das, was ich in den Naturwissenschaften lerne, im Alltag nutzen werde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich finde, dass sich die Menschen zu viele Gedanken über Umweltverschmutzung machen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Was ich in den Naturwissenschaften lerne, hat für mich praktischen Nutzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich denke darüber nach, wie das, was ich in den Naturwissenschaften lerne, hilfreich für mich ist.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unser Planet hat unbegrenzte Ressourcen (z. B. Trinkwasser, Holz, Kohle oder Erdöl).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als wir im heutigen Unterricht an etwas gearbeitet haben, habe ich mich in das Thema vertieft.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich genieße es, am Rand eines Teiches zu sitzen und dabei zum Beispiel den Libellen im Flug zuzusehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Umweltschutzgründe behindern viel zu oft den Fortschritt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe mich heute angestrengt, damit ich in der Schule gut bin.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Was ich in den Naturwissenschaften lerne, ist für mich wichtiger als die Note, die ich dafür bekomme.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Mensch hat das Recht, die Natur zu seinen Gunsten zu ändern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Als wir im heutigen Unterricht an etwas gearbeitet haben, war ich interessiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im heutigen Unterricht habe ich so hart gearbeitet, wie ich konnte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das Verstehen von naturwissenschaftlichen Themen gibt mir das Gefühl, etwas geleistet zu haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der heutige Unterricht hat Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im heutigen Unterricht habe ich sehr aufmerksam zugehört.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Diese Aussage finde ich:	++ völlig richtig	+ ziemlich richtig	0 unent- schieden	- ziemlich falsch	-- völlig falsch
Was ich in den Naturwissenschaften lerne, ist für mein Leben relevant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich spare Wasser, indem ich öfter dusche als ein Bad zu nehmen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nur nützliche Pflanzen und Tiere sollten unter Schutz gestellt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich war im heutigen Unterricht aufmerksam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich mag naturwissenschaftliche Themen, die mich fordern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wir müssen Gebiete unter Schutz stellen, um vom Aussterben bedrohten Pflanzen & Tieren helfen zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mir hat es Spaß gemacht, im heutigen Unterricht neue Sachen zu lernen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich lerne gerne etwas zu naturwissenschaftlichen Themen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unsere Gesellschaft wird auch die schlimmsten Umweltprobleme lösen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Was ich in den Naturwissenschaften lerne hat auch Bezug zu meinen persönlichen Zielen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es macht mir großen Spaß, selbst ins Grüne (Wald, Wiese) hinauszugehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Mensch muss mit der Natur in Harmonie leben, um überleben zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich finde es interessant, etwas zu naturwissenschaftlichen Themen zu lernen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Natur ist immer in der Lage, sich selbst zu regenerieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

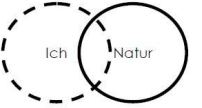
Betrachten Sie bitte die folgenden Kreise: Wie verbunden fühlen Sie sich mit der Natur?
Bitte setzen Sie nur 1 Kreuz!



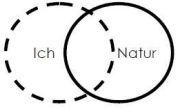
A ☐



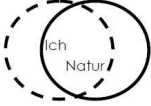
B ☐




C ☐




D ☐



E ☐



F ☐



G ☐

Bei den folgenden Fragen/Aussagen ist Ihr **Wissen zu Umweltthemen** gefragt.
Nur eine Antwort ist richtig!

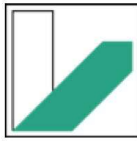
Was macht eine klimafreundliche Ernährung aus?	Wie kann man mit dem Anbau von Mais einen Beitrag zum Klimaschutz leisten?
<input type="radio"/> Täglich Früchte zu sich zu nehmen. <input type="radio"/> Viel Reis und Kartoffeln zu verzehren. <input type="radio"/> Wenig bis gar kein Fleisch zu essen.	<input type="radio"/> Indem man ihn zur Produktion von Bioenergie verwendet. <input type="radio"/> Indem man ihn zu klimafreundlichen Textilfasern verarbeitet. <input type="radio"/> Indem man die Fasern zur Isolierung von Gebäuden nutzt.
Um etwas gegen den Treibhauseffekt zu tun, ist es sinnvoll,...	Geben Sie bitte an, welche der folgenden Aussagen die richtige ist: Spargel aus Kalifornien ist besonders umweltbelastend, ...
<input type="radio"/> ... Lebensmittel aus Übersee zu kaufen. <input type="radio"/> ... Lebensmittel mit dem Bio-Siegel zu kaufen. <input type="radio"/> ... statt des Autos Bus und Bahn zu benutzen.	<input type="radio"/> ... weil der Transport mit dem Flugzeug übermäßig viel Energie verbraucht. <input type="radio"/> ... weil Kalifornien für den Spargelanbau besonders ungünstig ist. <input type="radio"/> ... weil er besonders aufwendig verpackt ist.
Was kann man tun, um einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten?	Welcher Lampentyp verbraucht bei gleicher Helligkeit am wenigsten Strom?
<input type="radio"/> Häufiger lüften. <input type="radio"/> Auf Atomenergie umsteigen. <input type="radio"/> Auf Bioenergie umsteigen.	<input type="radio"/> Halogenlampe <input type="radio"/> Glühbirne <input type="radio"/> Leuchtstoffröhre
Ein PKW stößt gegenüber einem Bus pro Person auf 100 km...	Wie viele leistungsstarke Kraftwerke könnten in Deutschland eingespart werden, wenn jeder auf Stand-by-Betrieb bei Elektrogeräten verzichten würde?
<input type="radio"/> ... weniger CO ₂ aus. <input type="radio"/> ... 4 mal so viel CO ₂ aus. <input type="radio"/> ... doppelt so viel CO ₂ aus. <input type="radio"/> ... gleich viel CO ₂ aus.	<input type="radio"/> Auf ein Kraftwerk. <input type="radio"/> Auf kein Kraftwerk. <input type="radio"/> Auf zwei Kraftwerke.
Beim Absterben/Verbrennen von Bäumen wird...	Das Pflügen von Äckern hat zur Folge, dass...
<input type="radio"/> ... FCKW abgegeben. <input type="radio"/> ... Sauerstoff abgegeben. <input type="radio"/> ... CO ₂ abgegeben. <input type="radio"/> ... Stickstoff abgegeben.	<input type="radio"/> ... der Boden verdichtet wird. <input type="radio"/> ... der Boden austrocknet. <input type="radio"/> ... die Bodennährstoffe von Pflanzen nicht aufgenommen werden können.
Welcher Faktor bedingt unter anderem den Anstieg des Meeresspiegels durch den Klimawandel?	
<input type="radio"/> Erhöhte Niederschläge. <input type="radio"/> Das Abschmelzen des Meereises. <input type="radio"/> Die Ausdehnung des Meerwassers durch erhöhte Temperaturen.	

Welcher der folgenden Prozesse verbraucht am meisten Energie, bis eine italienische Paprika in Deutschland im Supermarkt liegt?	Bei welchen Ausdrücken handelt es sich um Kennzeichen für Bio-Gemüse?
<input type="radio"/> Heizen des Triebhauses <input type="radio"/> Transport mit LKW <input type="radio"/> Kühle Lagerung nach der Ernte <input type="radio"/> Verpacken	<input type="radio"/> "aus integriertem Landbau" <input type="radio"/> "aus kontrolliert-ökologischem Landbau" <input type="radio"/> "aus umweltschonendem Landbau"
Welchen Einfluss hat der Klimawandel in Gebirgsregionen wie den Alpen?	Was bedeutet Nachhaltigkeit?
<input type="radio"/> Die Baumgrenze verschiebt sich in höhere Regionen. <input type="radio"/> Spezialisierte Pflanzenarten breiten sich aus. <input type="radio"/> Die Biodiversität nimmt ab.	<input type="radio"/> Nur soviel einer Ressource zu entnehmen, wie auch wieder nachwachsen kann. <input type="radio"/> Möglichst ertragreiche Nutzung von Ressourcen (z. B. Holz). <input type="radio"/> Die negativen Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt.
Was kann man tun, um die (tropischen) Regenwälder zu erhalten?	Wie nennt man den Boden in Gebieten, in denen er das ganze Jahr über gefroren ist?
<input type="radio"/> Auf Fleisch aus Nordamerika verzichten. <input type="radio"/> Auf Fleisch aus Südamerika verzichten. <input type="radio"/> Plastikverpackungen recyceln.	<input type="radio"/> Eternafrostboden <input type="radio"/> Permafrostboden <input type="radio"/> Semperfrostboden
Welchen Einfluss haben die tropischen Regenwälder auf das Klima der Erde?	Um im Haushalt Energie zu sparen, ist es sinnvoll...
<input type="radio"/> Sie haben keinen Einfluss auf das Klima. <input type="radio"/> Sie treiben die Zirkulation der Erdatmosphäre an. <input type="radio"/> Sie sorgen für eine gleichbleibende Erdtemperatur.	<input type="radio"/> ... immer ohne Deckel zu kochen. <input type="radio"/> ... beim Lüften die Heizung abzdrehen. <input type="radio"/> ... Licht möglichst lang brennen zu lassen.
Bei welchem Käse wurde bis zu seinem Verkauf in Deutschland am meisten CO ₂ ausgestoßen?	Welches dieser Lebensmittel ist am klimaschädlichsten?
<input type="radio"/> Bei konventionell hergestelltem Käse aus Deutschland. <input type="radio"/> Bei kontrolliert-ökologisch hergestelltem Käse aus Deutschland. <input type="radio"/> Bei konventionell hergestelltem Schweizer Käse.	<input type="radio"/> Rindersteak <input type="radio"/> Apfel <input type="radio"/> Kartoffel
Welche dieser Baumarten sollte man in Zukunft in Bayern auf Grund der prophezeiten Klimaentwicklung am wenigsten anpflanzen?	Worauf sollte man achten, wenn man ein besonders energiesparendes Großelektrogerät wie z. B. einen Kühlschrank kaufen möchte?
<input type="radio"/> Buche <input type="radio"/> Kiefer <input type="radio"/> Fichte	<input type="radio"/> Auf die Herstellerfirma. <input type="radio"/> Auf die Angaben auf dem Energieeffizienzlabel der EU. <input type="radio"/> Auf eine gute Wärmeisolierung des Gerätes.

Auf welche umweltfreundlichere Einnahmequelle sollten alpine Regionen als Alternative zum Skitourismus umsteigen?	Bei welcher Energieform wird am wenigsten CO ₂ ausgestoßen?
<input type="radio"/> Es ist nicht notwendig, umzusteigen. <input type="radio"/> Auf Ökotourismus. <input type="radio"/> Auf Motorrad-Tourismus.	<input type="radio"/> Atomkraft <input type="radio"/> Windkraft <input type="radio"/> Kohlekraft
Welches dieser Gase ist hauptsächlich für den natürlichen Treibhauseffekt verantwortlich?	Was kennzeichnet fossile Energien (so wie Kohle oder Öl)?
<input type="radio"/> FCKW <input type="radio"/> Kohlenstoffdioxid (CO ₂) <input type="radio"/> Distickstoffoxid (Lachgas) <input type="radio"/> Wasserdampf	<input type="radio"/> Sie sind in den letzten 100 Jahren entstanden. <input type="radio"/> Sie stehen unbegrenzt zur Verfügung. <input type="radio"/> Bei ihrer Umwandlung wird CO ₂ freigesetzt.
Ein Haushalt braucht die meiste Energie für...	Wovor schützt uns die Ozonschicht?
<input type="radio"/> Warmwasser <input type="radio"/> Elektrogeräte <input type="radio"/> Beleuchtung <input type="radio"/> Heizung	<input type="radio"/> Vor der Erderwärmung. <input type="radio"/> Vor schädlichem, krebserregendem Sonnenlicht. <input type="radio"/> Vor saurem Regen.
Was sind nachwachsende Rohstoffe?	
<input type="radio"/> besondere Kristalle, die Energie speichern können. <input type="radio"/> Tiere, aus denen Brennstoff gewonnen wird. <input type="radio"/> Pflanzen, die als Rohstoffe in der Industrie oder zur Energiegewinnung verwendet werden.	

Geschafft! Vielen Dank, dass Sie an der Befragung teilgenommen haben!

Behaltenstest



UNIVERSITÄT
BAYREUTH
BT



Auf den nächsten Seiten werden Ihnen einige Fragen gestellt. Bitte beachten Sie dabei die folgenden Punkte:

- 🌿 Im ersten Teil des Fragebogens fragen wir Sie nach Ihrer ganz **persönlichen Situation und Meinung**.
 - Beantworten Sie die Fragen selbständig, ohne lange darüber nachzudenken.
 - Es gibt Fragen, die sich ähnlich sind. Lassen Sie sich dadurch nicht verwirren!
- 🌿 Im zweiten Teil des Fragebogens geht es um **Umweltwissen**. Wir sind uns bewusst, dass einige dieser Fragen schwierig sind. Versuchen Sie bitte dennoch, alle Fragen zu beantworten.
- 🌿 Verwenden Sie zum Ausfüllen des Fragebogens einen **Kugelschreiber** (keinen Bleistift).
- 🌿 Die Auswertung des Fragebogens erfolgt selbstverständlich streng vertraulich. Das heißt, dass wir im Nachhinein nicht mehr nachvollziehen können oder wollen, wer welchen Fragebogen beantwortet hat.

Los geht's!

Ihr Geschlecht ist?

männlich

weiblich

☐☐

Wie alt sind Sie?

Ihr persönlicher Code

Ihr persönlicher Code besteht aus Ihrer **Hausnummer** und den **ersten beiden Buchstaben des Namens Ihrer Mutter**.

Beispiel:

Hausnummer: 123



1	2	3	C	L
---	---	---	---	---

Name der Mutter: Claudia

Ihr persönlicher Code:

--	--	--	--	--

Anhang

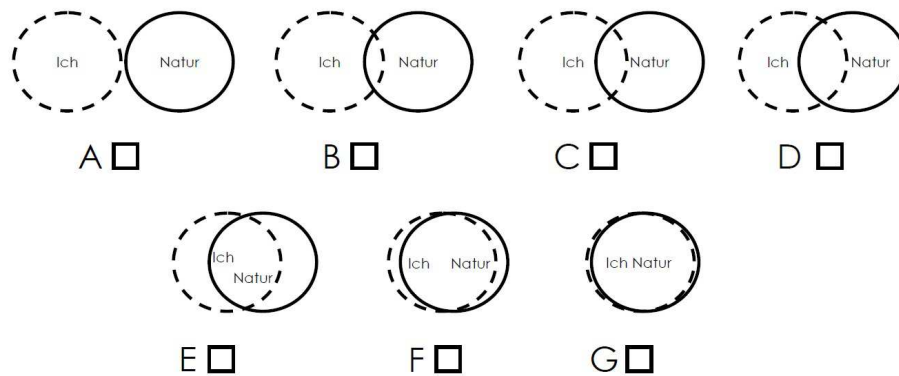
Geben Sie bei den folgenden Aussagen an, wie sehr Sie zustimmen oder ablehnen.
Antworten Sie ganz spontan und setzen Sie bitte nur 1 Kreuz!

Diese Aussage finde ich:	++ völlig richtig	+ ziemlich richtig	0 unent- schieden	- ziemlich falsch	-- völlig falsch
Ich denke darüber nach, wie das, was ich in den Naturwissenschaften lerne, hilfreich für mich ist.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Mensch muss mit der Natur in Harmonie leben, um überleben zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich spare Wasser, indem ich öfter dusche als ein Bad zu nehmen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es tut mir weh, wenn immer größere Teile der Landschaft dem Bau von Straßen und Häusern zum Opfer fallen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich finde es interessant, etwas zu naturwissenschaftlichen Themen zu lernen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich schalte im Zimmer das Licht aus, wenn ich es nicht mehr brauche.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Mensch hat das Recht, die Natur zu seinen Gunsten zu ändern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Was ich in den Naturwissenschaften lerne, hat für mich praktischen Nutzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wald sollte in Felder umgewandelt werden, um zum Beispiel Getreide anbauen zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unsere Gesellschaft wird auch die schlimmsten Umweltprobleme lösen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nur nützliche Pflanzen und Tiere sollten unter Schutz gestellt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Was ich in den Naturwissenschaften lerne, ist für mich wichtiger als die Note, die ich dafür bekomme.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wir müssen Gebiete unter Schutz stellen, um vom Aussterben bedrohten Pflanzen & Tieren helfen zu können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich genieße es, am Rand eines Teiches zu sitzen und dabei zum Beispiel den Libellen im Flug zuzusehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich lerne gerne etwas zu naturwissenschaftlichen Themen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Umweltschutzgründe behindern viel zu oft den Fortschritt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es sollten mehr Straßen gebaut werden, damit mehr Menschen in die freie Natur fahren können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das Verstehen von naturwissenschaftlichen Themen gibt mir das Gefühl, etwas geleistet zu haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich mag naturwissenschaftliche Themen, die mich fordern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Natur ist immer in der Lage, sich selbst zu regenerieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Was ich in den Naturwissenschaften lerne, ist für mein Leben relevant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

-2-

Diese Aussage finde ich:	++ völlig richtig	+ ziemlich richtig	0 unent- schieden	- ziemlich falsch	-- völlig falsch
Es macht mir großen Spaß, selbst ins Grüne (Wald, Wiese) hinauszugehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Was ich in den Naturwissenschaften lerne, hat auch Bezug zu meinen persönlichen Zielen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unser Planet hat unbegrenzte Ressourcen (z. B. Trinkwasser, Holz, Kohle oder Erdöl).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich denke darüber nach wie ich das, was ich in den Naturwissenschaften lerne, im Alltag nutzen werde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich finde, dass sich die Menschen zu viele Gedanken über Umweltverschmutzung machen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Betrachten Sie bitte die folgenden Kreise: Wie verbunden fühlen Sie sich mit der Natur?
Bitte setzen Sie nur 1 Kreuz!



Bei den folgenden Fragen/Aussagen ist Ihr **Wissen zu Umweltthemen** gefragt.
Nur eine Antwort ist richtig!

Welches dieser Lebensmittel ist am klimaschädlichsten?	Beim Absterben/Verbrennen von Bäumen wird...
<input type="radio"/> Apfel <input type="radio"/> Rindersteak <input type="radio"/> Kartoffel	<input type="radio"/> ... FCKW abgegeben. <input type="radio"/> ... Sauerstoff abgegeben. <input type="radio"/> ... Stickstoff abgegeben. <input type="radio"/> ... CO ₂ abgegeben.
Welcher der folgenden Prozesse verbraucht am meisten Energie, bis eine italienische Paprika in Deutschland im Supermarkt liegt?	Welche dieser Baumarten sollte man in Zukunft in Bayern auf Grund der prophezeiten Klimaentwicklung am wenigsten anpflanzen?
<input type="radio"/> Heizen des Treibhauses <input type="radio"/> Kühle Lagerung nach der Ernte <input type="radio"/> Transport mit LKW <input type="radio"/> Verpacken	<input type="radio"/> Kiefer <input type="radio"/> Fichte <input type="radio"/> Buche
Was bedeutet Nachhaltigkeit?	Auf welche umweltfreundlichere Einnahmequelle sollten alpine Regionen als Alternative zum Skitourismus umsteigen?
<input type="radio"/> Möglichst ertragreiche Nutzung von Ressourcen (z. B. Holz). <input type="radio"/> Die negativen Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt. <input type="radio"/> Nur soviel einer Ressource zu entnehmen, wie auch wieder nachwachsen kann.	<input type="radio"/> Auf Motorrad-Tourismus. <input type="radio"/> Auf Ökotourismus. <input type="radio"/> Es ist nicht notwendig, umzusteigen.
Ein PKW stößt gegenüber einem Bus pro Person auf 100 km...	Worauf sollte man achten, wenn man ein besonders energiesparendes Großelektrogerät wie z. B. einen Kühlschrank kaufen möchte?
<input type="radio"/> ... doppelt so viel CO ₂ aus. <input type="radio"/> ... gleich viel CO ₂ aus. <input type="radio"/> ... 4 mal so viel CO ₂ aus. <input type="radio"/> ... weniger CO ₂ aus.	<input type="radio"/> Auf die Herstellerfirma. <input type="radio"/> Auf eine gute Wärmeisolierung des Gerätes. <input type="radio"/> Auf die Angaben auf dem Energieeffizienzlabel der EU.
Was kann man tun, um einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten?	Welches dieser Gase ist hauptsächlich für den natürlichen Treibhauseffekt verantwortlich?
<input type="radio"/> Auf Atomenergie umsteigen. <input type="radio"/> Häufiger lüften. <input type="radio"/> Auf Bioenergie umsteigen.	<input type="radio"/> Kohlenstoffdioxid (CO ₂) <input type="radio"/> Distickstoffoxid (Lachgas) <input type="radio"/> Wasserdampf <input type="radio"/> FCKW
Was kann man tun, um die (tropischen) Regenwälder zu erhalten?	
<input type="radio"/> Auf Fleisch aus Nordamerika verzichten. <input type="radio"/> Plastikverpackungen recyceln. <input type="radio"/> Auf Fleisch aus Südamerika verzichten.	

Welchen Einfluss haben die tropischen Regenwälder auf das Klima der Erde?	Bei welcher Energieform wird am wenigsten CO ₂ ausgestoßen?
<ul style="list-style-type: none"> ○ Sie sorgen für eine gleichbleibende Erdtemperatur. ○ Sie treiben die Zirkulation der Erdatmosphäre an. ○ Sie haben keinen Einfluss auf das Klima. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Atomkraft ○ Kohlekraft ○ Windkraft
Bei welchen Ausdrücken handelt es sich um Kennzeichen für Bio-Gemüse?	Welchen Einfluss hat der Klimawandel in Gebirgsregionen wie den Alpen?
<ul style="list-style-type: none"> ○ "aus kontrolliert-ökologischem Landbau" ○ "aus integriertem Landbau" ○ "aus umweltschonendem Landbau" 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Die Baumgrenze verschiebt sich in höhere Regionen. ○ Die Biodiversität nimmt ab. ○ Spezialisierte Pflanzenarten breiten sich aus.
Bei welchem Käse wurde bis zu seinem Verkauf in Deutschland am meisten CO ₂ ausgestoßen?	Wie nennt man den Boden in Gebieten, in denen er das ganze Jahr über gefroren ist?
<ul style="list-style-type: none"> ○ Bei konventionell hergestelltem Schweizer Käse. ○ Bei kontrolliert-ökologisch hergestelltem Käse aus Deutschland. ○ Bei konventionell hergestelltem Käse aus Deutschland. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Semperfrostboden ○ Eternafrösboden ○ Permafrostboden
Welcher Lampentyp verbraucht bei gleicher Helligkeit am wenigsten Strom?	Was macht eine klimafreundliche Ernährung aus?
<ul style="list-style-type: none"> ○ Glühbirne ○ Halogenlampe ○ Leuchtstoffröhre 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Täglich Früchte zu sich zu nehmen. ○ Wenig bis gar kein Fleisch zu essen. ○ Viel Reis und Kartoffeln zu verzehren.
Wie kann man mit dem Anbau von Mais einen Beitrag zum Klimaschutz leisten?	Um im Haushalt Energie zu sparen, ist es sinnvoll...
<ul style="list-style-type: none"> ○ Indem man ihn zur Produktion von Bioenergie verwendet. ○ Indem man die Fasern zur Isolierung von Gebäuden nutzt. ○ Indem man ihn zu klimafreundlichen Textilfasern verarbeitet. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ... Licht möglichst lang brennen zu lassen. ○ ... beim Lüften die Heizung abzdrehen. ○ ... immer ohne Deckel zu kochen.
Wie viele leistungsstarke Kraftwerke könnten in Deutschland eingespart werden, wenn jeder auf Stand-by-Betrieb bei Elektrogeräten verzichten würde?	Um etwas gegen den Treibhauseffekt zu tun, ist es sinnvoll,...
<ul style="list-style-type: none"> ○ Auf zwei Kraftwerke. ○ Auf ein Kraftwerk. ○ Auf kein Kraftwerk. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ... Lebensmittel aus Übersee zu kaufen. ○ ... statt des Autos Bus und Bahn zu benutzen. ○ ... Lebensmittel mit dem Bio-Siegel zu kaufen.

Welcher Faktor bedingt unter anderem den Anstieg des Meeresspiegels durch den Klimawandel?	Ein Haushalt braucht die meiste Energie für...
<input type="radio"/> Erhöhte Niederschläge. <input type="radio"/> Die Ausdehnung des Meerwassers durch erhöhte Temperaturen. <input type="radio"/> Das Abschmelzen des Meereises.	<input type="radio"/> Beleuchtung <input type="radio"/> Warmwasser <input type="radio"/> Heizung <input type="radio"/> Elektrogeräte
Was kennzeichnet fossile Energien (so wie Kohle oder Öl)?	Was sind nachwachsende Rohstoffe?
<input type="radio"/> Sie sind in den letzten 100 Jahren entstanden. <input type="radio"/> Bei ihrer Umwandlung wird CO ₂ freigesetzt. <input type="radio"/> Sie stehen unbegrenzt zur Verfügung.	<input type="radio"/> Besondere Kristalle, die Energie speichern können. <input type="radio"/> Pflanzen, die als Rohstoffe in der Industrie oder zur Energiegewinnung verwendet werden. <input type="radio"/> Tiere, aus denen Brennstoff gewonnen wird.
Geben Sie bitte an, welche der folgenden Aussagen die richtige ist: Spargel aus Kalifornien ist besonders umweltbelastend, ...	Wovor schützt uns die Ozonschicht?
<input type="radio"/> ... weil Kalifornien für den Spargelanbau besonders ungünstig ist. <input type="radio"/> ... weil er besonders aufwendig verpackt ist. <input type="radio"/> ... weil der Transport mit dem Flugzeug übermäßig viel Energie verbraucht.	<input type="radio"/> Vor saurem Regen. <input type="radio"/> Vor der Erderwärmung. <input type="radio"/> Vor schädlichem, krebserregendem Sonnenlicht.
Das Pflügen von Äckern hat zur Folge, dass...	
<input type="radio"/> ... der Boden austrocknet. <input type="radio"/> ... der Boden verdichtet wird. <input type="radio"/> ... die Bodennährstoffe von Pflanzen nicht aufgenommen werden können.	

Geschafft! Vielen Dank, dass Sie an der Befragung teilgenommen haben!

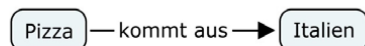
Aufgabenstellung concept maps

Concept Mapping – So geht's!

Leitfragen: **Wie funktioniert der Treibhauseffekt?**
Wie kommt es zum Phänomen Klimawandel?

Beantworten Sie die Leitfragen, in dem Sie eine **Concept Map** erstellen. Gehen Sie dabei nach den folgenden Schritten vor.

1. Lesen sie die unten aufgelisteten Begriffe und schreiben Sie diejenigen, die Sie in Ihrer Concept Map verwenden wollen, **einzel**n auf die ausliegenden Klebezettel. Sie brauchen nicht alle vorgegebenen Begriffe verwenden, allerdings sollten die **Leitfragen** in Ihrer Concept Map beantwortet werden. Zusätzlich zu den aufgelisteten, können Sie auch **eigene Begriffe** hinzufügen.
2. Nach der Auswahl der Begriffe ordnen Sie die Klebezettel mit den Begriffen auf dem Papier an und verbinden sie mit **beschrifteten Pfeilen**, so dass sich kurze logische Sätze ergeben. Beispiel:



Achten Sie darauf, dass der Pfeil eine **definierte Richtung** hat und dass er beschriftet ist!

- | | |
|--|---------------------------|
| 🍃 Kohlenstoffdioxid (CO ₂) | 🍃 Temperaturerhöhung |
| 🍃 Ozonloch | 🍃 Methan |
| 🍃 Luftverschmutzung | 🍃 Erdoberfläche |
| 🍃 Pflanzen | 🍃 UV-Strahlung |
| 🍃 Atmosphäre | 🍃 Wasserdampf |
| 🍃 (Brand-)Rodung von Wäldern | 🍃 Klimaschutzmaßnahme(n) |
| 🍃 Treibhausgas(e) | 🍃 Recycling |
| 🍃 Verbrennung fossiler Brennstoffe | 🍃 Saurer Regen |
| 🍃 Sonne | 🍃 Erneuerbare Energien |
| 🍃 Infrarot-Strahlung | 🍃 Umweltverschmutzung |
| 🍃 Ozeane | 🍃 Mensch(en) |
| 🍃 Viehhaltung | 🍃 Nachwachsende Rohstoffe |
| 🍃 Auftauen der Permafrostböden | |

3. Nicht vergessen: Füllen Sie die **Rückseite** Ihrer Concept Map aus!

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ferner erkläre ich, dass ich anderweitig mit oder ohne Erfolg nicht versucht habe, diese Dissertation einzureichen. Ich habe keine gleichartige Doktorprüfung an einer anderen Hochschule endgültig nicht bestanden.

Bayreuth, 06. Dezember 2011

Daniela Sellmann

Danksagung

Zuerst möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Bogner bedanken für die Möglichkeit am Lehrstuhl Didaktik der Biologie über dieses interessante Thema zu promovieren sowie für seine Anleitung zum selbstständigen wissenschaftlichen Arbeiten und die vielen Anregungen und Ideen während meiner Promotion.

Besonderer Dank gilt Frau Sabine Hübner, die mir während der gesamten Promotion mit Rat und Tat zur Seite stand und immer ein offenes Ohr für mich hatte.

Weiterhin danken möchte ich Herrn Dr. Franz-Josef Scharfenberg für seine stetige Hilfsbereitschaft, vor allem in didaktischen und statistischen Fragen.

Ein ganz großes Dankeschön geht an alle meine Mitdoktorandinnen und -doktoranden! Ihr wart mir fachlich, aber vor allem menschlich die größte Motivationshilfe. Es war eine tolle Zeit mit euch!

Ich danke außerdem dem gesamten Team des Ökologisch-Botanischen Gartens der Universität Bayreuth, das es mir ermöglicht hat, meine Studie vor Ort durchzuführen und mich wo immer es ging unterstützte.

Natürlich gebührt auch allen Schüler/innen und Lehrkräften mein Dank, die mit Begeisterung und Engagement an meinem Programm teilgenommen und so meine Studie möglich gemacht haben.

Zu guter Letzt sage ich meiner Familie und besonders Sebastian danke: dafür, dass ihr an mich geglaubt und mich in dieser teilweise schwierigen und turbulenten Zeit immer unterstützt habt.

Danke an alle, die in irgendeiner Form zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben!